



TUGAS AKHIR - RE 141581

**KAJIAN EFEK AERASI PADA KINERJA
BIOFILTER AEROB DENGAN MEDIA BOTOL
PLASTIK *POLYSTYRENE (PS)* UNTUK
PENGOLAHAN LIMBAH BUDIDAYA TAMBAK
UDANG**

**PRISCILIA YUNIAR LUCIANA LATAR
3311100030**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES, Ph.D**

**DOSEN CO-PEMBIMBING
Ir. Agus Slamet, MSc**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - RE 141581

**ASSESSMENT THE EFFECTS OF AERATION IN
AEROBIC BIOFILTER PERFORMANCES BY
USING POLYSTYRENE (PS) PLASTIC BOTTLES
MEDIA FOR SHRIMP AQUACULTURE
WASTEWATER TREATMENT**

**PRISCILIA YUNIAR LUCIANA LATAR
3311100030**

**SUPERVISOR
Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES, Ph.D**

**CO-SUPERVISOR
Ir. Agus Slamet, MSc**

**DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**

LEMBAR PENGESAHAN

Kajian Efek Aerasi pada Kinerja Biofilter Aerob dengan Media Botol Plastik Jenis *Polystyrene (PS)* untuk Pengolahan Limbah Budidaya Tambak Udang

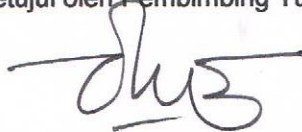
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat dalam Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

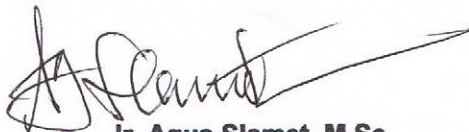
PRISCILIA YUNIAR LUCIANA LATAR
NRP. 3311100030

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.ES, Ph.D
NIP. 19600618 19803 1 002

Disetujui oleh Co-Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Agus Slamet, M.Sc
NIP. 19590811 198701 1 001



Kajian Efek Aerasi pada Kinerja Biofilter Aerob dengan Media Botol Plastik Jenis *Polystyrene* (PS) untuk Pengolahan Limbah Budidaya Tambak Udang

Nama Mahasiswa : Priscilia Yuniar Luciana Latar
NRP : 3311100030
Jurusan : Teknik Lingkungan ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, Msc.ES, Ph.D /
Ir. Agus Slamet, MSc

ABSTRAK

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan budidaya tambak udang dapat mengakibatkan kerugian secara ekologis. Hal ini disebabkan karena limbah tersebut dibuang tanpa mengalami pengolahan sehingga mencemari badan air, salah satunya di perairan Gresik. Pengolahan limbah budidaya tambak udang yang digunakan adalah biofilter aerob dengan media botol plastik jenis *Polystyrene* (PS). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kinerja biofilter aerob dengan media botol plastik *Polystyrene* dalam menurunkan konsentrasi BOD, COD, amonia (NH_3), nitrat (NO_3) dan fosfat (PO_4^{3-}) dari air limbah tambak udang.

Variabel dalam penelitian ini adalah ketinggian media yaitu 30 cm; 37,5 cm dan 45 cm serta ada dan tidaknya penambahan aerator pada reaktor biofilter. Parameter kualitas air yang diukur adalah konsentrasi BOD, COD, DO, amonia (NH_3), nitrat (NO_3), dan fosfat (PO_4^{3-}). Penelitian ini dilakukan selama 8 (delapan) minggu mulai dari *seeding* hingga analisis sampel di laboratorium.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan penurunan konsentrasi BOD, COD, amonia, nitrat dan fosfat setelah pengolahan dengan reaktor biofilter aerob. Efisiensi *removal* tertinggi konsentrasi ammonia yang dapat dicapai sebesar 93%, nitrat 89%, fosfat 68%, BOD 79% dan COD 89% serta peningkatan konsentrasi DO berkisar antara 0,1 mg/l – 0,8 mg/l. Seluruh efisiensi *removal* tertinggi dicapai oleh reaktor dengan ketinggian media 45 cm yang ditambah sistem aerasi. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh ketinggian media terhadap

kinerja biofilter, dimana semakin tinggi media menunjukkan kinerja biofilter semakin baik.

Kata Kunci : Biofilter Aerob, Botol PS, Limbah Tambak Udang

Assessment The Effects of Aeration in Aerobic Biofilter Performances by Using Polystyrene (PS) Plastic Bottles Media for Shrimp Aquaculture Wastewater Treatment

Name of Student : Priscilia Yuniar Luciana Latar
NRP : 3311100030
Study Programme : Environmental Engineering ITS
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, Msc.ES, Ph.D /
Ir. Agus Slamet, MSc

ABSTRACT

Wastewater from shrimp aquaculture activities can lead to ecological loss. This untreated wastewater apparently cause pollute the water bodies, one of them is the stream in Gresik. In this research, shrimp aquaculture wastewater treatment which be used is aerobic biofilter by using Polystyrene (PS) plastic bottles media. This research aimed to analyze the concentration removal efficiency of BOD, COD, ammonia (NH_3), nitrate (NO_3) and phosphate (PO_4^{3-}) shrimp aquaculture wastewater after the treatment process and assess the effects of variations the difference height media and addition of aerators to remove the concentration of pollutants from the aerobic biofilter reactors.

The variables in this research are the height of the media. The height of media which be chosen are 30 cm; 37.5 cm and 45 cm and the addition of aerators in biofilter reactors. The selected parameters are the concentration of BOD, COD, DO, ammonia (NH_3), nitrate (NO_3), and phosphate (PO_4^{3-}). This research was did for 8 (eight) weeks from seeding to the analysis of samples in the laboratory

Results from this research showed the decrease in concentration of BOD, COD, ammonia, nitrate and phosphate after treatment process with aerobic biofilter reactor. The highest concentration of ammonia removal efficiency which can be achieved is 93%, 89% for nitrate, 68% for phosphate, 79% for BOD and 89% for COD and the raise of DO concentration in the range of 0.1 mg/l - 0.8 mg/l. All the highest removal efficiency is

achieved by reactor which has height of media 45 cm and add the aerators. This shows the influence height of the media to biofilter performances which higher media show biofilter performances will better.

Keyword (s) : Aerobic Biofilter, PS bottles, Shrimp Aquaculture Wastewater

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang mana atas limpahan Rahmat, Hidayah serta Inayah-Nya tugas akhir yang berjudul “Kajian Efek Aerasi pada Kinerja Biofilter Aerob dengan Media Botol Plastik *Polystyrene* (PS) untuk Pengolahan Limbah Budidaya Tambak Udang” ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES, Ph.D dan Bapak Ir. Agus Slamet, MSc selaku dosen pembimbing dan co-pembimbing yang telah dengan sabar membimbing dan memberikan banyak masukan kepada penulis hingga terselesainya tugas akhir ini
2. Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., Ph.D, Bapak Dr. Ali Masduqi, ST., MT., dan Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT., Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan untuk kebaikan penulis.
3. Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES, Ph.D selaku dosen wali yang telah banyak membantu penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Lingkungan ITS
4. Orang tua, kakak dan keluarga saya yang selalu memberikan doa, bantuan moril maupun materil serta semangat dalam bentuk apapun
5. Partner dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dan teman satu dosen pembimbing, Bellia Maharani Bastom serta teman-teman satu dosen pembimbing lainnya : Amalia Farihatunnisa, Hajar Awaliyah Rahma, Eko Pamungkas, Farid Saifulloh yang telah berjuang bersama hingga Tugas Akhir ini selesai.
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Lingkungan ITS khususnya angkatan 2011 yang telah memberikan bantuan dan dukungan serta kritik dan sarannya.
7. Bapak Hadi atas kesediannya membantu penelitian di laboratorium
8. Bapak pengelola tambak udang atas ijin pengambilan air limbah dan Bapak Istiyono atas bantuannya dalam pengangkutan air limbah.

Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang memerlukan. Namun Tugas Akhir ini tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Budidaya Tambak Udang	5
2.2 Limbah Budidaya Tambak Udang	5
2.3 Pembentukan Lapisan Biofilm	7
2.4 Sistem Biofilter Aerob	9
2.5 Media Biofilter	11
2.6 Parameter Amonia (NH_3) dan Nitrat (NO_3)	12
2.7 Parameter Fosfat (PO_4^{3-})	15
2.8 Parameter <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD)	15
2.9 Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	19
2.10 Parameter <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21

3.1	Kerangka Penelitian	21
3.2	Tahapan Penelitian	22
3.2.1	Ide Penelitian dan Studi Literatur	22
3.2.2	Variabel dan Parameter Penelitian	23
3.2.3	Persiapan Alat dan Bahan	24
3.2.4	Penelitian Pendahuluan dan Pembuatan Reaktor ..	25
3.2.5	<i>Seeding</i> dan Aklimatisasi.....	26
3.2.6	Pengoperasian Reaktor	27
3.2.7	Analisis Data Sampel	28
3.3	Lokasi Penelitian	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Proses <i>Seeding</i> dan Aklimatisasi	29
4.2	Karakteristik Limbah Tambak Udang	33
4.3	Analisis Data Perubahan Konsentrasi Amonia.....	33
4.4	Analisis Data Perubahan Konsentrasi Nitrat (NO ₃)	36
4.5	Analisis Data Perubahan Konsentrasi Fosfat (PO ₄ ³⁻).....	38
4.6	Analisis Data Perubahan Konsentrasi BOD	41
4.7	Analisis Data Perubahan Konsentrasi COD	42
4.8	Analisis Data Perubahan Konsentrasi DO	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISA LABORATORIUM		57
LAMPIRAN B DATA PENELITIAN		64
LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN		77
BIOGRAFI PENULIS		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Effluen Tambak Udang	7
Tabel 2.2 Suhu Tipikal Masing-masing Tipe Mikroorganisme	9
Tabel 3.1 Variasi Reaktor Berdasarkan Variabel Penelitian	22
Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Tambak Udang Desa Cerme, Kabupaten Gresik	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Proses Metabolisme dalam Proses Biofilm	8
Gambar 2.2 <i>Biological Aerated Filter</i> Sistem Aliran <i>Upflow</i> dan <i>Downflow</i>	10
Gambar 2.3 Sistem Aerasi Jenis Aerator Terdifusi	12
Gambar 2.4 Prosentase Keberadaan Ion Ammonium dan Gas Amonia Berdasarkan Nilai pH.....	15
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	22
Gambar 3.2 Denah Reaktor	26
Gambar 3.3 Potongan A-A Reaktor.....	26
Gambar 3.4 Skema Pengoperasian Reaktor	28
Gambar 4.1 Analisa PV Proses <i>Seeding</i> dan Aklimatisasi	32
Gambar 4.2 Perubahan Konsentrasi Amonia dengan Aerasi	34
Gambar 4.3 Perubahan Konsentrasi Amonia Tanpa Aerasi	35
Gambar 4.4 Perubahan Konsentrasi Nitrat dengan Aerasi	37
Gambar 4.5 Perubahan Konsentrasi Nitrat Tanpa Aerasi.....	38
Gambar 4.6 Perubahan Konsentrasi Fosfat dengan Aerasi.....	39
Gambar 4.7 Perubahan Konsentrasi Fosfat Tanpa Aerasi	40
Gambar 4.8 Perubahan Konsentrasi BOD dengan Aerasi.....	41
Gambar 4.9 Perubahan Konsentrasi BOD Tanpa Aerasi.....	42
Gambar 4.10 Perubahan Konsentrasi COD dengan Aerasi.....	43
Gambar 4.11 Perubahan Konsentrasi COD Tanpa Aerasi	44
Gambar 4.12 Perubahan Konsentrasi DO dengan Aerasi	46
Gambar 4.13 Perubahan Konsentrasi DO Tanpa Aerasi	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan budidaya tambak udang di Indonesia dengan pola intensif dapat menimbulkan kerugian secara ekologis karena umumnya limbah yang dihasilkan langsung dibuang ke badan sungai tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu. Limbah tambak udang berasal dari hasil ekskresi udang, sisa-sisa pakan yang berlebih, alga dan udang yang mati serta bahan organik lainnya. Limbah bahan-bahan organik ini akan terakumulasi di kawasan pertambakan tersebut. Nutrien utama yang terdapat pada limbah budidaya tambak udang adalah kadar nitrogen dan fosfat yang tinggi. Kandungan bahan organik air limbah tambak udang dapat diukur sebagai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) yang menyebabkan pencemaran air yang cukup serius pada kawasan pertambakan (Anh *et al.*, 2010). Nutrien yang berlebih ini dapat menyebabkan eutrofikasi pada badan air saat limbah dibuang (Marinho-Sariano *et al.*, 2011). Kurangnya kepedulian pengelola tambak dalam pengolahan limbah tambak udang mengakibatkan tercemarnya badan air oleh limbah tersebut. Sarana dan prasarana pengolahan limbah yang kurang mendukung menjadi persoalan yang cukup penting. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Institut Teknologi Bandung yang bekerja sama dengan Pemerintah Kabupaten Gresik pada tahun 2011, perairan di Gresik tercemar oleh beberapa kegiatan, salah satunya adalah budidaya tambak udang. Beberapa parameter melebihi baku mutu seperti ammonia, BOD dan logam berat. Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: KEP. 28/MEN/2004 tentang Pedoman Budidaya Udang di Tambak, parameter kimia limbah tambak udang terdiri dari pH, BOD₅, Sulfida (H₂S), PO₄³⁻, NO₃, NO₂ dan NH₃. Oleh karena itu, sebelum dibuang ke badan air, terlebih dahulu harus diolah sehingga sesuai dengan baku mutu.

Salah satu metode pengolahan limbah tambak udang dengan cara sederhana dan efektif adalah dengan pengolahan biologis sistem terlekat (*attached growth*). Pada sistem terlekat, peranan media sangat berpengaruh karena sebagai melekatnya

biomassa aktif sehingga meningkatkan penurunan bahan organik dan nutrisi (Khan *et al.*, 2011). Beberapa teknologi telah digunakan untuk menangani buangan industri budidaya tambak udang (akuakultur) diantaranya penyaringan, pemutaran dan pengendapan, penggumpalan, pertukaran ion karbon aktif dan biofilter (Muslim, 2013). Teknologi biofilter yaitu memanfaatkan media biofilm sebagai media filter untuk menurunkan konsentrasi polutan (Parwaningtyas dkk., 2012). Sistem biofilter dapat bekerja secara anaerob maupun aerob (Metcalf dan Eddy, 2004). Proses *biofilm* memiliki kemampuan menurunkan kadar senyawa organik dan nutrisi di beberapa pengolahan limbah dengan memanfaatkan bakteri nitrifikasi (Borkar *et al.*, 2013).

Media yang dapat digunakan untuk proses biofilter adalah media yang terbuat dari bahan plastik jenis *Polyestylene* (PS). Media yang digunakan untuk proses pengolahan limbah dengan biakan melekat (*attached growth*) yang terbuat dari plastik mampu menurunkan kadar BOD limbah rumah tangga hingga 90% (Kadu *et al.*, 2013). Proses nitrifikasi dapat pula terjadi pada sistem biofilter dengan plastik sebagai media terlekatnya mikroorganisme untuk menurunkan polutan dalam air limbah (Khan *et al.*, 2013). Menurut Muslim (2013), penerapan proses biofilter dengan media genteng plastik bergelombang pada limbah budidaya tambak udang mampu mengurangi racun amoniak sebanyak 10,95%-14,37%; bahan organik sebanyak 19,94%-49,02% dan padatan tersuspensi sebanyak 22,22%-35,46% serta dapat menjaga pH dan oksigen terlarut dalam kisaran yang normal. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan teknologi biofilter aerob dapat menjadi teknologi alternatif untuk mengurangi kadar polutan pada limbah budidaya tambak udang. Pengoperasian dan perawatannya yang mudah membuat biofilter aerob ini layak dipertimbangkan untuk diterapkan dalam pengolahan limbah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa efisiensi *removal* konsentrasi BOD, COD, ammonia, nitrat dan fosfat serta peningkatan DO air limbah tambak udang dengan pengolahan biofilter aerob ?
2. Bagaimana pengaruh variasi beda tinggi media dan penambahan aerator terhadap penurunan konsentrasi bahan pencemar dari reaktor biofilter aerob ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengkaji efisiensi *removal* konsentrasi BOD, COD, ammonia, nitrat dan fosfat serta peningkatan DO air limbah tambak udang dengan pengolahan dengan biofilter aerob
2. Mengkaji pengaruh variasi beda tinggi media dan penambahan aerator terhadap penurunan konsentrasi bahan pencemar dari reaktor biofilter aerob

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan informasi mengenai karakteristik air limbah budidaya tambak udang di Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik.
2. Memperoleh data aplikasi teknologi biofilter aerob sebagai salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar polutan air limbah budidaya tambak udang.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Air limbah berasal dari limbah tambak udang Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik.
2. Parameter yang akan diuji dalam penelitian ini adalah kadar BOD, COD, DO, ammonia, nitrat dan fosfat dalam air limbah budidaya tambak udang.
3. Variasi yang dilakukan adalah beda tinggi media dan penambahan aerator pada reaktor biofilter
4. Sistem aliran yang digunakan adalah secara kontinyu dan sistem *up flow* dan *down flow*
5. Media yang digunakan adalah botol plastik jenis *Polystyrene (PS)*.

6. Analisis yang dilakukan berskala laboratorium untuk mengetahui kadar BOD, COD, DO, ammonia, nitrat dan fosfat dalam air limbah budidaya tambak udang di Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik
7. Penelitian ini dilaksanakan pada rentang waktu Maret 2015 hingga Juni 2015.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Budidaya Tambak Udang

Budidaya udang adalah kegiatan menggemukkan dan membesarkan udang di tambak selama periode waktu tertentu, dipanen dan dijual untuk memperoleh keuntungan. Menurut Garino (2004), menyatakan bahwa berdasarkan pemberian makanannya, budidaya tambak udang secara umum dapat dikelompokkan dalam 3 jenis yakni :

- Konvensional yang merupakan usaha pembesaran udang dengan padat penebaran rendah ($1-5 \text{ ekor/m}^2$), tidak diberi makan makanan tambahan. Makanan udang adalah makanan alami yang tumbuh karena pemberian pupuk.
- Semi intensif yang merupakan usaha pembesaran udang dengan padat penebaran sedang ($5-30 \text{ ekor/m}^2$), diberi makan makanan tambahan secukupnya. Makanan udang adalah makanan alami yang tumbuh karena pemberian pupuk.
- Intensif yang merupakan usaha pembesaran udang dengan padat penebaran tinggi ($>30 \text{ ekor/m}^2$), diberi makan makanan tambahan dalam dosis tinggi.

Budidaya udang merupakan kegiatan yang menguntungkan bagi negara-negara tertentu karena sebagian besar hasil udang tersebut diekspor ke negara-negara maju (Nyanti *et al.*, 2011).

2.2 Limbah Budidaya Tambak Udang

Limbah budidaya tambak udang merupakan salah satu sumber pencemaran dalam badan air. Limbah umumnya mengandung padatan tersuspensi (*Total Suspended Solid*) yang tinggi, *fitoplankton* dan nutrisi (Vijayasri *et al.*, 2013). Nutrien utama yang terdapat pada limbah budidaya tambak udang adalah kadar nitrogen dan fosfat yang tinggi. Selain itu, terdapat kandungan BOD sehingga menyebabkan pencemaran air yang cukup serius (Anh *et al.*, 2010). Pemberian pakan yang berlebihan merupakan salah satu penyebab terbentuknya limbah organik dalam bentuk padatan terendap, koloid, tersuspensi dan

terlarut. Nutrien berlebih dalam tambak udang dapat menyebabkan eutrofikasi dan udang yang dibudidayakan biasanya rentan terkena penyakit (Lavania-Baloo *et al.*, 2014). Limbah tambak udang memiliki kualitas konsentrasi bahan pencemar dengan kandungan Total Amonia Nitrogen (TAN) 0,25 ppm; nitrit 0,05 ppm; nitrat 21,5 ppm dan TSS 0,017 gram/L (Muslim, 2013). Menurut penelitian lain, Wibowo (2009), menyatakan bahwa konsentrasi BOD pada limbah tambak udang sebesar 21 – 56 mg/L; fosfat 0,1 – 0,5 mg/L; DO 5 – 7 mg/L dan pH 6,9 - 8

Padatan tersuspensi pada air limbah budidaya tambak udang dapat dihilangkan dengan proses fisik, seperti proses filtrasi. Proses pengolahan biologis berupa *trickling filter*, *rotating biological contactor* atau *fluidized bed reactor* diterapkan pada proses oksidasi bahan organik, nitrifikasi atau denitrifikasi (Lin *et al.*, 2005). Nitrifikasi dan denitrifikasi biasanya digunakan pada pengolahan limbah budidaya tambak karena dapat mengurangi kandungan nitrogen yang tinggi pada air limbah (Leungprasert dan Chanakul, 2010).

Air buangan tambak yang dibuang ke badan sungai harus melakukan perbaikan kualitas air buangan tersebut dengan memperhatikan hal-hal seperti :

1. Melakukan upaya-upaya pengendapan bahan tersuspensi melalui tendon
2. Menggunakan biofilter untuk pemulihan kualitas air
3. Mengangkat bahan-bahan terendapkan dari tandon
4. Penanaman mangrove pada areal pembuangan
5. Menerapkan sistem resirkulasi/pergantian air minimum pada tambak intensif atau semi intensif

Limbah yang telah mengalami perlakuan-perlakuan tersebut diharapkan dapat memenuhi baku mutu effluen tambak udang yang ditetapkan, yaitu menurut Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: KEP. 28/MEN/2004 tentang Pedoman Budidaya Udang di Tambak. Baku mutu effluen tambak udang tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Effluen Tambak Udang

No	Parameter	Satuan	Besaran
Fisika			
1	TSS	mg/l	≤ 200
2	Kekeruhan	NTU	≤ 50
Kimia			
1	pH		6 – 9
2	BOD ₅	mg/l	< 45
3	PO ₄ ³⁻	mg/l	$< 0,1$
4	H ₂ S	mg/l	$< 0,03$
5	NO ₃	mg/l	< 75
6	NO ₂	mg/l	$< 2,5$
7	NH ₃	mg/l	$< 0,1$
Biologi			
1	Dinoflagellata Gymnodium Peridinium	individu/l individu/l	$< 8 \times 10^2$ $< 8 \times 10^2$
2	Bakteri Patogen	CFU	$< 10^2$

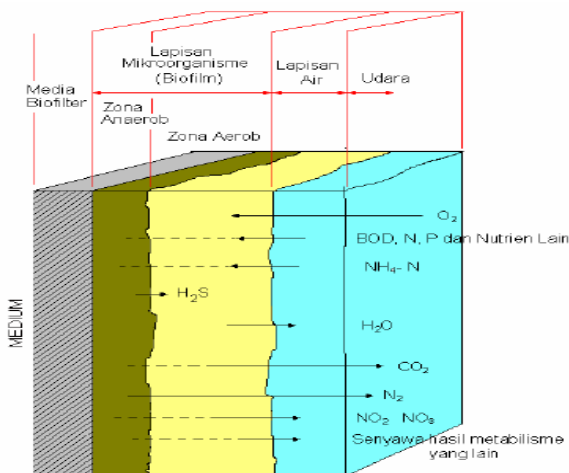
2.3 Pembentukan Lapisan Biofilm

Proses biofilm merupakan proses pengolahan biologis dengan sistem terlekat yaitu pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media. Proses ini dapat mengurangi kadar bahan organik dan nutrient yang terdapat pada air limbah. Kadar bahan organik dan nutrient yang berkurang setelah melewati media sistem terlekat disebut juga biofilm. Proses biofilm dapat dilakukan secara aerobik maupun anaerobik (Metcalf dan Eddy, 2003).

Mekanisme yang terjadi pada reaktor biologis biakan melekat tercelup adalah sebagai berikut :

- Adsorpsi mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan biofilm
- Reaksi metabolisme mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan biofilm, memungkinkan terjadinya mekanisme pertumbuhan, pemeliharaan dan kematian sel
- Penempelan (*attachment*) sel, yaitu pada saat lapisan biofilm mulai terbentuk dan terakumulasi secara kontinyu dan bertahap pada lapisan biofilm.
- Mekanisme pelepasan (*detachment biofilm*) sel

Mekanisme proses metabolisme dalam proses biofilm secara aerobik secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mekanisme Proses Metabolisme dalam Proses Biofilm
(Said, 2006)

Gambar 2.1 menunjukkan suatu sistem biofilm yang terdiri dari media penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan alir limbah dan lapisan udara. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah, misalnya BOD, COD, amonia, fosfat akan terdifusi ke dalam lapisan atau biofilm yang melekat pada permukaan medium. Pada saat bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm. Tebal lapisan biofilm akan meningkat seiring dengan tumbuhnya mikroorganisme tersebut dan oksigen yang terdifusi dikonsumsi sebelum masuk ke dalam bagian terdalam lapisan biofilm. Hal ini menyebabkan kondisi lingkungan anaerobik pada bagian terdalam lapisan biofilm. Mikroorganisme pada kondisi anaerobik menyebabkan mikroorganisme memasuki fase *endogenous*, dimana mikroorganisme kehilangan kemampuan untuk menempel pada media, kemudian terlepas dari lapisan biofilm.

2.4 Sistem Biofilter Aerob

Sistem biofilter merupakan proses yang terjadi saat mikroorganisme (lapisan biofilm) akan mendegradasi senyawa organik dalam air. Air akan melewati celah media dan kontak langsung dengan lapisan biofilm. Biofilter atau biofiltrasi juga dapat menghilangkan bau air limbah dan sebagai salah satu cara untuk menyaring senyawa organik volatil pada pengolahan untuk polusi udara pada proses industri. Prinsip biofiltrasi adalah mengontakkan udara melalui media berpori untuk menghilangkan bahan pencemar pada air limbah (Moshrefzadeh dan Sabour, 2014).

Media tumbuh lapisan biofilm merupakan salah satu kunci pada sistem biofilter. Media tumbuh memiliki struktur menyerupai saringan dan tersusun dari tumpukan media penyangga yang disusun secara teratur atau acak. Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak antara air limbah dengan mikroorganisme yang menempel pada media tumbuh. Makin luas bidang kontakannya, maka efisiensi penurunan BOD semakin besar. Selain mengurangi konsentrasi BOD dan COD, cara ini juga dapat mengurangi konsentrasi TSS, ammonia dan fosfat (Hadiwidodo dkk., 2012). Faktor-faktor yang mempengaruhi biofilter antara lain :

- Suhu

Suhu pada sistem biofilter akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Berdasarkan rentang suhu pada proses biologis, mikroorganisme diklasifikasikan menjadi tipe *psychrophilic*, *mesophilic* dan *thermophilic* (Metcalf dan Eddy, 2003). Rentang suhu tipikal untuk masing-masing tipe disajikan pada Tabel 2.2

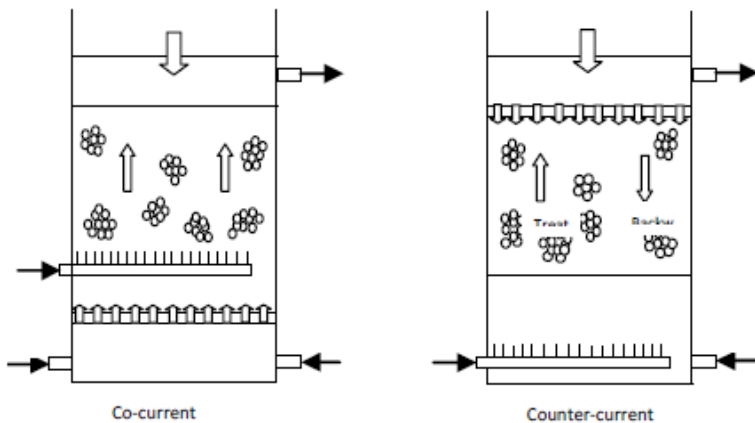
Tabel 2.2 Suhu Tipikal Masing-masing Tipe Mikroorganisme

Tipe	Rentang Suhu, °C	Suhu Optimum, °C
<i>Psychrophilic</i>	10 – 30	12 – 18
<i>Mesophilic</i>	20 – 50	25 – 40
<i>Thermophilic</i>	35 - 75	55 - 65

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

- pH
Nilai pH juga merupakan faktor kunci pertumbuhan mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme tidak dapat hidup pada nilai pH diatas 9,5 atau dibawah 4,0. Umumnya, mikroorganisme hidup pada pH antara 6,5 dan 7,5.

Biofilter aerobik atau dalam istilah asing disebut *Biological Aerated Filter* (BAF) merupakan suatu bioreaktor dalam pengolahan biologis sistem terlekat yang menggunakan aerasi. BAF dapat diterapkan dengan sistem aliran *upflow* dan *downflow* seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Biological Aerated Filter* Sistem Aliran *Upflow* dan *Downflow* (Pramanik *et al.*, 2012)

Sistem *downflow* memiliki keuntungan yaitu transfer oksigen yang cukup untuk lapisan biofilm pada reaktor. Pada BAF sistem *downflow*, mikroorganisme nitrifikasi umumnya terdapat pada bagian dasar reaktor. Oleh karena itu mikroorganisme akan mendapat oksigen yang cukup (Pramanik *et al.*, 2012). Aplikasi sistem aerasi pada biofilter aerob ini merupakan sistem yang umum digunakan pada pengolahan biologis karena gas oksigen dibutuhkan oleh mikroorganisme dengan nilai *Dissolved Oxygen* (DO) antara 1-3 mg/l. Aerasi merupakan perpindahan massa

fase gas ke fase cair yang terjadi secara difusi. Keseimbangan konsentrasi gas oksigen dalam air sesuai dengan Hukum Henry:

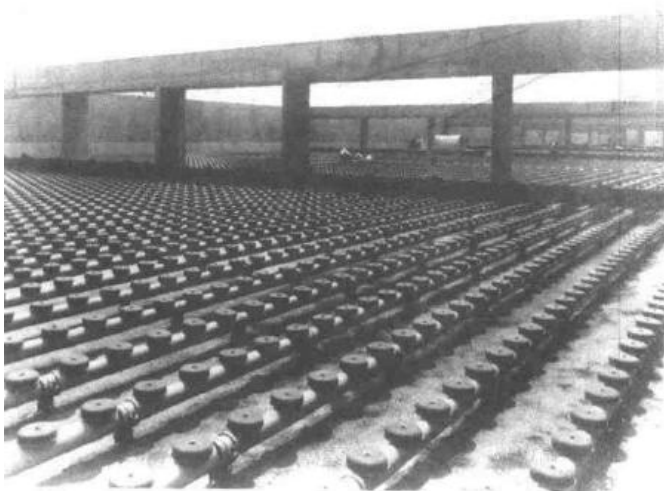
$$p = HC_s$$

dimana p = tekanan parsial oksigen pada fase gas (mg/l) , H = konstanta Henry (Eckenfelder, 2001).

Fungsi utama aerasi dalam pengolahan air adalah meningkatkan oksigen terlarut dalam air dan melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air serta membantu pengadukan. Aerasi juga berguna untuk menyisihkan bau, mereduksi kandungan amoniak melalui proses nitrifikasi, menyisihkan besi dan mangan serta menyisihkan senyawa organik *volatile* (Masduqi dan Assomadi, 2012). Prinsip pengolahan pada sistem biofilter aerobik dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor yang berisi media dengan penambahan aerasi. Pada kondisi ini lingkungan menjadi aerob dimana oksigen dapat bertindak sebagai akseptor electron pada metabolisme mikroba. Menurut Edahwati dan Suprihatin (2009), menyatakan bahwa dalam prakteknya terdapat 2 cara untuk menambahkan oksigen ke dalam air limbah, yaitu :

- a) Memasukkan udara ke air limbah. Pada cara ini biasanya udara dimasukkan melalui *nozzle*. *Nozzle* ini diletakkan di tengah dasar bak aerasi kemudian udara dari luar dipompakan ke dalam air limbah.
- b) Mengontakkan air limbah melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air limbah. Akibatnya, air limbah akan terangkat dan terjadi kontak dengan udara.

Cara tersebut dikenal juga dengan jenis aerator terdifusi. Aerator terdifusi terdapat 2 tipe yaitu aerator yang mengeluarkan gelembung-gelembung udara kecil dari media atau membran berpori yang berbentuk plat atau tabung dan aerator menggunakan *orifice* yang luas untuk menghasilkan gelembung udara yang besar. Aerator yang berbentuk plat atau bulat biasanya diletakkan pada dasar tangki aerasi agar menghasilkan udara yang merata di dalam tangki. Aerator biasanya terbuat dari keramik atau plastik. (Metcalf dan Eddy, 2003). Contoh sistem aerasi jenis aerator terdifusi dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Sistem Aerasi Jenis Aerator Terdifusi
(Eckenfelder, 2001)

Cara lain untuk proses aerasi yaitu melalui gravitasi. Aerator gravitasi dapat berupa pelimpah, terjunan air, *cascade* atau aliran di atas bidang miring. Kontak antara air dan udara terjadi ketika air dijatuhkan dari ketinggian tertentu.

Teknologi pada penggunaan BAF didasarkan pada prinsip pemakaian biofiltrasi melalui media granular yang ditenggelamkan dengan tujuan memberikan serta mengubah komponen biologi bahan organik berupa biomassa yang menempel pada media, daya dukung terbesar pada permukaan media dan meremoval secara fisik berupa partikel yang terlarut dari media filtrasi (Liu *et al.*, 2010). Salah satu faktor yang berpengaruh pada proses BAF ini adalah konsentrasi *Dissolved Oxygen* (DO) karena peranannya dalam proses nitrifikasi (Liu *et al.*, 2008). Menurut Muslim (2013), bahwa sistem biofilter mampu mengurangi konsentrasi amonia pada limbah tambak udang sebanyak 11-14%. Pada sistem ini terdeteksi tumbuhnya bakteri *Nitrosomonas* sehingga proses nitrifikasi terjadi dan akibatnya konsentrasi nitrat meningkat. Tidak hanya mampu mengurangi konsentrasi amonia, biofilter ini juga mampu mengurangi

konsentrasi padatan tersuspensi 22-35,5% serta bahan organik sebesar 20-40%.

Media penyaringan juga memiliki peran penting dalam proses ini. Media penyaring yang dapat digunakan antara lain: pasir, zeolit, antrasit dan *bioceramsite*. Zeolit dan *bioceramsite* memiliki keunggulan tertentu yaitu permukannya yang lebih kasar sehingga kapasitas daya serapnya juga tinggi. Oleh karena itu, media penyaringan ini paling banyak diterapkan (Ji *et al.*, 2011).

2.5 Media Biofillter

Media yang digunakan sebagai melekatnya mikroorganisme dapat berupa batu, kerikil atau plastik. Media biofilter menggunakan plastik didesain terdapat 90-95% celah kosong. Celah kosong ini sebagai sirkulasi udara sehingga memberi kesempatan mikroorganisme untuk tumbuh pada media (Metcalf dan Eddy, 2003). Hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan media biofilter adalah luas permukaan media sehingga dapat dilakukan modifikasi dengan berbagai bentuk misalnya bergelombang, saling silang dan sarang tawon (Yudha dkk., 2013). Selain luas permukaan media, efektifitas suatu media bergantung pada volume rongga. Semakin besar volume rongga atau ruang kosong maka semakin besar kontak antara substrat dalam air limbah dengan lapisan biofilm yang menempel (Marsidi dan Herlambang, 2002).

Saat ini, media biofilter banyak dibuat dari bahan tahan karat dan ringan, misalnya plastik dan sebagainya dengan luas permukaan spesifik yang besar sehingga dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah besar. Salah satu aplikasi media biofilter adalah menggunakan media yang terbuat dari bahan plastik *Polystyrene (PS)*. PS merupakan plastik polymer yang mempunyai ikatan kuat sehingga sulit terurai oleh bakteri. Plastik ini sangat banyak berada di lingkungan sekitar sehingga pemanfaatan untuk media biofilm dapat mereduksi sampah plastik ini di lingkungan. Penyusunan media plastik ini mirip dengan tipe sarang tawon (*honeycomb tube*). Penggunaan media plastik mempunyai keuntungan dibandingkan dengan batu atau kerikil. Media plastik mempunyai porositas rongga yang lebih tinggi (>94%). Hal ini dapat menyebabkan sirkulasi udara yang baik dan meminimalisir terjadinya *clogging* (Metcalf dan Eddy,

2003). Keuntungan lain menggunakan media biofilm ini adalah lumpur yang dihasilkan sedikit. Di dalam proses lumpur aktif antara 30-60% dari BOD yang dihilangkan diubah menjadi lumpur aktif sedangkan pada proses biofilm hanya sekitar 10-30%. Hal ini karena pada proses biofilm, rantai makanan lebih panjang dan melibatkan aktifitas mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi.

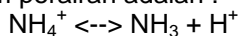
Hal lain yang harus diperhatikan dalam penyusunan media biofilter ini adalah ketinggian media dalam reaktor biofilter. Variasi ketinggian media dalam biofilter dapat mempengaruhi efisiensi penurunan COD dan MLSS (Pohan, 2008). Semakin tinggi media, semakin besar pula kontak antara zat organik dan mikroorganisme pada lapisan biofilm.

2.6 Parameter Amonia (NH_3) dan Nitrat (NO_3^-)

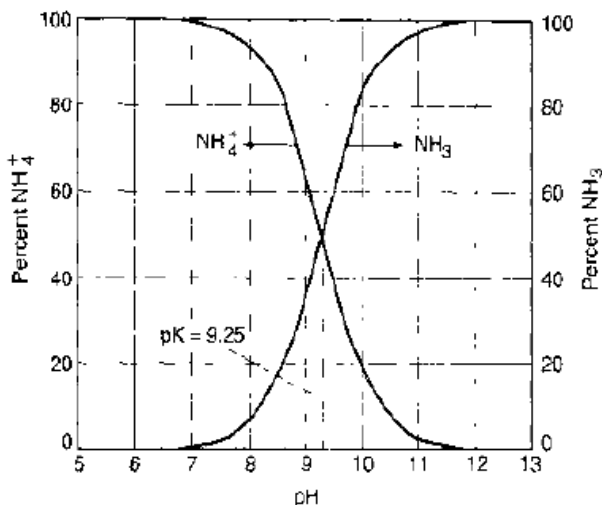
Nitrogen merupakan salah satu nutrisi penting yang terdapat pada air limbah karena berperan dalam pertumbuhan mikroorganisme. Nitrogen berperan dalam proses sintesis protein sehingga kadar Nitrogen dapat menjadi evaluasi bahwa air limbah tersebut dapat diolah secara biologis atau tidak. Jumlah nitrogen yang terdapat di atmosfer, paling banyak berada dalam bentuk gas nitrogen sebesar 78 % dan sangat terbatas nutrienya dalam lingkungan air dan daerah pertanian. Pada umumnya gas nitrogen ini tidak dapat dipergunakan secara langsung oleh makhluk hidup, hanya beberapa organisme khusus yang dapat mengubahnya ke dalam bentuk organik nitrogen dan proses yang terjadi dinamakan fiksasi. Dalam lingkungan perairan, nitrogen terlarut dapat diikat oleh sejumlah bakteri dan alga. Nitrogen organik yang disintesa oleh tumbuhan dan alga merupakan sumber nitrogen bagi hewan. Dalam metabolismenya hewan akan membuang nitrogen yang berada dalam bentuk senyawa-senyawa yang kemudian senyawa tersebut dimineralisasi oleh mikroorganisme dan nitrogen akan dilepaskan sebagai amoniak. Proses yang sama juga akan terjadi jika tumbuh-tumbuhan dan hewan mati dan akan mengalami dekomposisi.

Salah satu bentuk nitrogen di perairan adalah amonia. Amonia nitrogen yang terdapat di perairan dijumpai dalam bentuk ion ammonium (NH_4^+) atau gas ammonia (NH_3), tergantung

kondisi pH (Metcalf dan Eddy, 2003). Keseimbangan kedua bentuk ammonia dalam perairan adalah :



Pada pH dibawah 7, amonia nitrogen lebih dominan dalam bentuk ion ammonium (NH_4^+). Grafik distribusi jumlah gas amonia (NH_3) dan ion ammonium (NH_4^+) berdasarkan nilai pH dapat dilihat pada Gambar 2.4

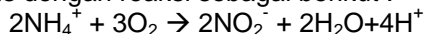


Gambar 2.4 Prosentase Keberadaan Ion Ammonium dan Gas Amonia Berdasarkan Nilai pH (Metcalf dan Eddy, 2003)

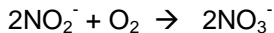
Ammonia berasal dari hasil ekskresi udang itu sendiri dan proses dekomposisi bahan organik dari sisa pakan selama pemeliharaan udang. Selain dari hasil ekskresi, ammonia dapat bersumber dari gas nitrogen hasil proses difusi udara yang tereduksi di dalam air (Wibowo, 2009). Konsentrasi ammonia yang tinggi dapat mengganggu kesehatan manusia maupun hewan, bahkan jika berlebihan dapat menyebabkan kematian (Drinan dan Whiting, 2001). Dalam perairan tambak udang, konsentrasi ammonia yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan jaringan tubuh udang sehingga mengganggu kestabilan membran sel.

Pada suasana aerobik, terjadi proses nitrifikasi pada air limbah. Proses nitrifikasi adalah proses perubahan senyawa ammonia menjadi senyawa nitrit (NO_2^-), selanjutnya nitrit yang terbentuk dioksidasi menjadi nitrat (NO_3^-). Proses ini dibantu oleh bakteri nitrifikasi, yaitu bakteri autotrof yang memerlukan karbon anorganik untuk aktivitas dan pertumbuhannya. Bakteri yang berperan pada proses nitrifikasi umumnya adalah *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* yang mengoksidasi ammonia menjadi nitrit kemudian menjadi nitrat (Metcalf dan Eddy, 2003). Ada 2 tahapan dalam proses nitrifikasi yaitu :

1. Tahap nitritasi, yaitu tahap oksidasi ion ammonia (NH_4^+) menjadi ion nitrit (NO_2^-) dan dilaksanakan oleh bakteri *Nitrosomonas* dengan reaksi sebagai berikut :



2. Tahap nitratasi, yaitu tahap oksidasi ion nitrit menjadi nitrat NO_3^- dan dilakukan oleh *Nitrobacter* dengan reaksi :



Proses nitrifikasi diperlukan dalam mengolah air limbah karena :

- 1) Amonia yang terkandung dalam air limbah akan mempengaruhi konsentrasi *Dissolved Oxygen* (DO) dan bersifat racun terhadap ikan.
- 2) Nitrogen yang ada harus dihilangkan agar tidak terjadi eutrofikasi pada badan air.

Faktor lingkungan yang mempengaruhi terjadinya proses nitrifikasi antara lain :

- 1) pH.
pH optimal untuk proses nitrifikasi adalah antara 7,5 – 8.
- 2) Toksisitas.
Zat organik maupun anorganik yang bersifat toksik dapat mempengaruhi metabolisme mikroorganisme untuk hidup dan mengoksidasi ammonia dan nitrit. Zat yang bersifat toksik misalnya protein, fenol, alcohol, eter, benzene dan lain-lain.
- 3) Logam Berat

Logam berat yang dapat menghambat proses nitrifikasi antara lain nikel sebanyak 0,25 mg/l; 0,25 mg/l kromium dan 0,10 mg/l tembaga.

- 4) Amonia yang tidak terionisasi atau amonia bebas

2.7 Parameter Fosfat (PO_4^{3-})

Fosfat merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada pertumbuhan mikroorganisme biologis. Bentuk fosfat yang ditemukan pada air umumnya berupa orthofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Bentuk orthofosfat, misalnya PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_2PO_4 terdapat pada pengolahan biologis (Metcalf dan Eddy, 2003). Ion orthofosfat terdapat dalam bentuk senyawa anorganik terlarut dan senyawa anorganik partikulat. Orthofosfat adalah bentuk ionisasi asam ortofosfat dan merupakan bentuk paling sederhana dalam perairan. Keberadaannya dalam perairan bergantung pada nilai pH. Pada air limbah yang mengandung bakteri, perubahan polifosfat menjadi ortofosfat menjadi lebih cepat karena orthofosfat ini merupakan hidrolisis dari polifosfat.

Dalam pengolahan biologis, jumlah fosfat harus seminimal mungkin karena proses pengolahan tidak akan berjalan jika jumlah fosfat berlebih. Jumlah fosfat yang berlebih dapat menyebabkan pencemaran badan air dan pertumbuhan alga yang sangat cepat dan banyak atau eutrofikasi. Normalnya, kadar fosfat berkisar antara 6-20 mg/L (Drinan dan Whiting, 2001). Kandungan fosfat pada limbah tambak udang merupakan elemen kunci diantara nutrisi utama lainnya (karbon dan nitrogen) dalam proses eutrofikasi. Kadar fosfat yang tinggi biasanya juga memiliki kadar oksigen yang rendah (Susanti dkk., 2012). Pada konsentrasi $\text{DO} > 1$ mg/l dan pH dibawah 6,5, efisiensi *removal* fosfat cukup baik (Sedlak dalam Metcalf dan Eddy, 2003).

2.8 Parameter Biochemical Oxygen Demand (BOD)

BOD merupakan salah satu kandungan bahan organik yang penting dalam air limbah. Perhitungan kadar BOD mempunyai tujuan yaitu :

1. Menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan semua zat organik baik terlarut maupun tersuspensi dalam air limbah.

2. Menentukan desain bangunan sistem pengolahan air limbah.
3. Menentukan efisiensi bangunan pengolahan air limbah.

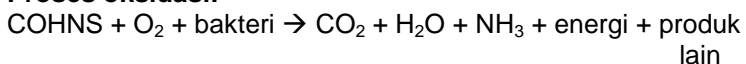
Pemeriksaan kadar BOD didasarkan oleh berlangsungnya aktivitas bakteri aerob. Jika suatu badan air tercemar zat-zat organik, bakteri tersebut dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi yang bisa mengakibatkan lingkungan anaerobik sehingga menimbulkan bau busuk pada air tersebut. Normalnya, BOD diukur selama 5 hari pada suhu 20°C dan besarnya berkisar antara 100-300 mg/L (Drinan dan Whiting, 2001). Besarnya nilai BOD bergantung pada tingginya konsentrasi bahan organik air limbah.

Keberadaan mikroorganisme aerob akan mendekomposisi bahan organik pada air limbah. Aktivitas mikroorganisme ini setidaknya ada 3 atau 4 proses yang terjadi yaitu :

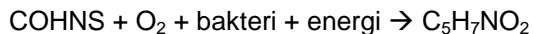
1. Limbah dioksidasi untuk menghasilkan produk akhir agar mendapatkan energi untuk metabolisme sel dan sintesis jaringan sel baru.
2. Limbah diubah menjadi jaringan sel baru dengan bantuan energi yang dihasilkan dari proses oksidasi
3. Sel baru mulai mengkonsumsi jaringan sel barunya sendiri agar mendapatkan energi untuk metabolisme sel. Proses ini disebut respirasi *endogenous*.

Dengan menggunakan istilah COHNS (*Carbon, Oxygen, Hydrogen, Nitrogen, Sulfur*) untuk mewakili limbah organik dan $C_5H_7NO_2$ sebagai jaringan sel, ketiga proses tersebut dapat ditulis dalam reaksi kimia berikut :

Proses oksidasi:



Sintesis:



Respirasi *endogenous*:



Pada standar pengukuran BOD, umumnya botol winkler diinkubasi selama 5 hari pada 20°C atau biasa disebut BOD₅. Metode winkler dalam prosedur pengukuran BOD untuk

mengukur berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam sampel yang disimpan dalam botol tertutup dan diinkubasi selama 5 hari. Pengukuran BOD 5 hari merupakan standar untuk praktis karena untuk memecah bahan-bahan organik sebanyak 95 – 99% dibutuhkan waktu \pm 20 hari (Metcalf dan Eddy, 2003).

2.9 Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Kadar COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada secara kimiawi. Secara umum, besarnya berkisar antara 200-500 mg/L. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Kelebihan analisa COD dibanding BOD adalah bahan-bahan organik yang sulit dioksidasi secara biologis dapat dioksidasi secara kimia, misalnya sulfida, sulfit dan besi (Eckenfelder, 2000). Prinsip analisa COD adalah mengoksidasi zat organik dengan pengoksidasi kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai sumber oksigen.

Nilai konsentrasi COD dapat dibandingkan dengan nilai konsentrasi BOD untuk melihat sifat biodegradabilitas limbah yang akan diolah. Tipikal rasio BOD/COD limbah domestik yang belum terolah berkisar antara 0,3 – 0,8. Jika rasio BOD/COD \geq 0,5, maka limbah tersebut bersifat biodegradable dan lebih mudah diolah dengan pengolahan biologis (Metcalf dan Eddy, 2003).

2.10 Parameter *Dissolved Oxygen* (DO)

Konsentrasi DO atau oksigen terlarut berpengaruh pada proses respirasi mikroorganisme aerobik. Jumlah oksigen terlarut dalam air tergantung pada suhu, tekanan parsial gas dalam atmosfer, tingkat kelarutan gas dalam air dan konsentrasi zat pengotor pada air. Oksigen terlarut berlawanan dengan konsentrasi BOD. Semakin tinggi konsentrasi BOD maka nilai DO semakin kecil. Kandungan DO dalam perairan sangat berpengaruh terhadap fisiologis mikroorganisme. Apabila terjadi penurunan DO dalam air, akan mengakibatkan pertumbuhan mikroorganisme yang lambat (Isdarmawan, 2005). Adanya oksigen dalam air mengakibatkan mikroorganisme semakin aktif

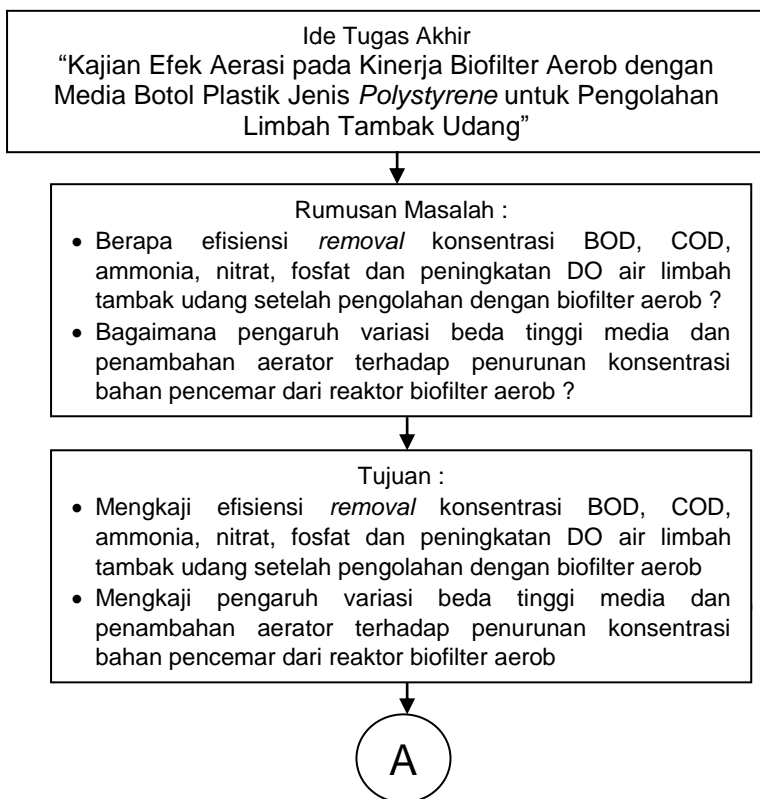
dalam menguraikan kandungan organik dalam air. DO berperan meningkatkan aktivitas bakteri nitrifikasi untuk oksidasi nitrogen organik dan amoniak dalam proses nitrifikasi (Liu *et al.*, 2008).

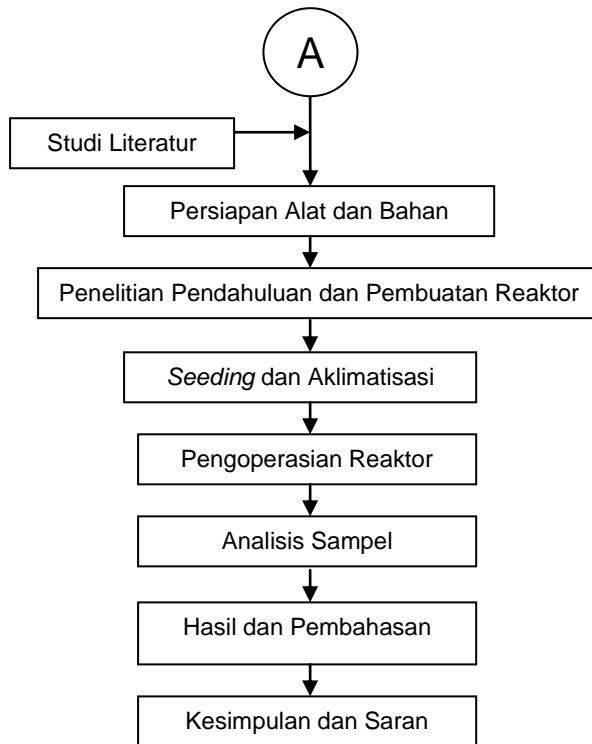
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian ini merupakan dasar pemikiran dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini. Kerangka penelitian dapat memudahkan pelaksanaan tugas akhir sehingga berjalan terstruktur dan sistematis pada setiap tahapannya, pencapaian tujuan dan koreksi yang diperlukan. Skema kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah kegiatan penelitian yang akan dilakukan. Berikut ini merupakan tahapan penelitian yang akan dilakukan :

3.2.1 Ide Penelitian dan Studi Literatur

Ide penelitian “Kajian Efek Aerasi pada Kinerja Biofilter Aerob dengan Media Botol Plastik Jenis *Polystyrene* untuk Pengolahan Limbah Tambak Udang” didapatkan dari pemikiran untuk memperbaiki kualitas air limbah tambak udang yang akan dibuang ke badan air. Hal inilah yang mendasari diperlukan

adanya sistem pengolahan limbah dengan biofilter aerob bermedia plastik jenis PS.

Studi literatur digunakan untuk mendapatkan referensi yang sesuai dengan ide penelitian guna menunjang jalannya penelitian. Sumber literatur yang digunakan dapat berupa jurnal nasional dan internasional, buku, prosiding maupun tugas akhir yang berkaitan dengan penelitian. Studi literatur dapat menjadi acuan dalam menentukan dan memahami penelitian dari tahap awal penelitian hingga penarikan kesimpulan.

3.2.2 Variabel dan Parameter Penelitian

1. Variabel Penelitian

- **Beda tinggi media biofilter**

Media yang digunakan adalah botol bekas minuman susu fermentasi. Botol bekas ini terbuat dari plastik *Polystyrene (PS)*. PS merupakan senyawa polimer yang mempunyai ikatan yang kuat sehingga sulit terurai oleh bakteri. Pemilihan beda tinggi media sebesar 30 cm; 37,5 cm dan 45 cm berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan ketinggian media 40 cm, 50 cm dan 60 cm yang dapat menurunkan konsentrasi COD hingga 80% dan kekeruhan sekitar 56%. Oleh karena itu diberikan variasi ketinggian media berdasarkan ketinggian media (7,5 cm). Penyusunan media pada biofilter ini adalah secara terstruktur (*structured packings*). Botol-botol tersebut disusun sesuai ketinggian dengan keadaan utuh. Namun, bagian bawah botol dibuat lubang untuk mempermudah aliran air saat pengoperasian reaktor. Satu botol dengan lainnya direkatkan satu sama lain sehingga membentuk susunan yang terstruktur.

- **Penambahan Aerator**

Variasi lain yang dilakukan adalah penambahan dan tidaknya aerator pada masing-masing reaktor biofilter aerob. Proses aerasi ini bertujuan untuk mengurangi konsentrasi bahan penyebab

bau, misalnya senyawa organik dan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada media.

Variasi reaktor yang dibuat berdasarkan parameter penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Variasi Reaktor Berdasarkan Variabel Penelitian

Ketinggian Media Aerasi	30 cm	37,5 cm	45 cm
Dengan Aerasi (<i>running I</i>)			
Tanpa Aerasi (<i>running II</i>)			

2. Parameter Penelitian

Parameter yang akan diuji pada penelitian ini adalah BOD, COD, DO, ammonia (NH_3), nitrat dan fosfat (PO_4^{3-}) dengan parameter utama ammonia, nitrat dan fosfat. Parameter-parameter tersebut harus sesuai dengan standar baku mutu saat dibuang ke badan air.

3.2.3 Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi :

- Reaktor kaca berukuran 0,8 inch
- Pipa PVC $\frac{1}{2}$ "
- Selang bening
- Selang infus
- Pompa
- Valve
- Aerator
- Aksesoris pipa L
- Bak kapasitas 150 L dan 80 L
- Ember

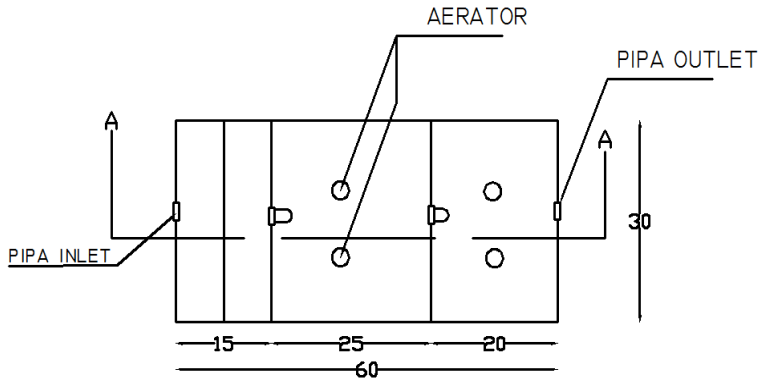
Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Sampel air limbah tambak udang di Cerme, Gresik
- Media botol plastik jenis PS (botol Yakult)
- Reagen dalam analisis BOD
- Reagen dalam analisis COD
- Reagen dalam analisis DO
- Reagen dalam analisis NO_3
- Reagen dalam analisis NH_3
- Reagen dalam analisis PO_4^{3-}

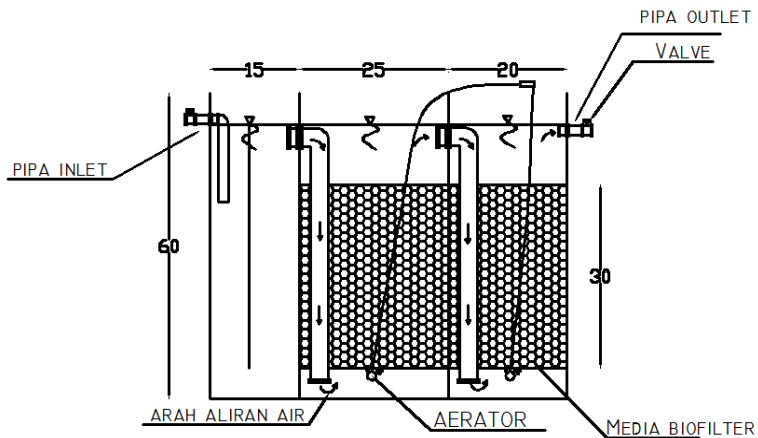
3.2.4 Penelitian Pendahuluan dan Pembuatan Reaktor

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap parameter yang akan digunakan yaitu BOD, COD, DO, NH_3 , NO_3 dan PO_4^{3-} dengan parameter utama NH_3 , NO_3 dan PO_4^{3-} . Analisis ini dilakukan pada sampel effluen air limbah tambak udang. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk membandingkan kondisi effluen air limbah tambak udang sebelum dan sesudah pengolahan sehingga diketahui penyisihan BOD, COD, DO, NH_3 , NO_3 dan PO_4^{3-} yang terjadi.

Bersamaan dengan penelitian pendahuluan, dilakukan pembuatan reaktor biofilter. Reaktor biofilter dibuat dengan persegi panjang dengan jumlah 3 reaktor yaitu reaktor dengan tinggi media 30 cm, reaktor dengan tinggi media 37,5 cm serta reaktor dengan tinggi media 45 cm. Reaktor ini terbuat dari kaca berukuran total 60 cm x 30 cm x 60 cm. terdapat tiga kompartemen untuk masing-masing reaktor yaitu kompartemen 1 untuk bak pengendapan, kompartemen 2 untuk media ketinggian 30 cm; 37,5 cm atau 45 cm dengan panjang 30 cm serta kompartemen 3 untuk media ketinggian 30 cm; 37,5 cm atau 45 cm dengan panjang 20 cm. Pada sekat tiap kompartemen dipasang pipa PVC bening untuk mengalirkan air dengan aliran *up flow* dan *down flow*. Aerator dipasang pada kompartemen 2 dan 3 yang bertujuan untuk menjaga agar mikroorganisme yang tumbuh pada lapisan biofilm tetap tumbuh dan hidup. Debit udara yang digunakan adalah sebesar 12 L/menit sesuai spesifikasi aerator yang digunakan. Sketsa reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3



Gambar 3.2 Denah Reaktor



Gambar 3.3 Potongan A-A Reaktor

Pada Gambar 3.3 ditunjukkan contoh potongan reaktor dengan ketinggian media 30 cm.

3.2.5 **Seeding dan Aklimatisasi**

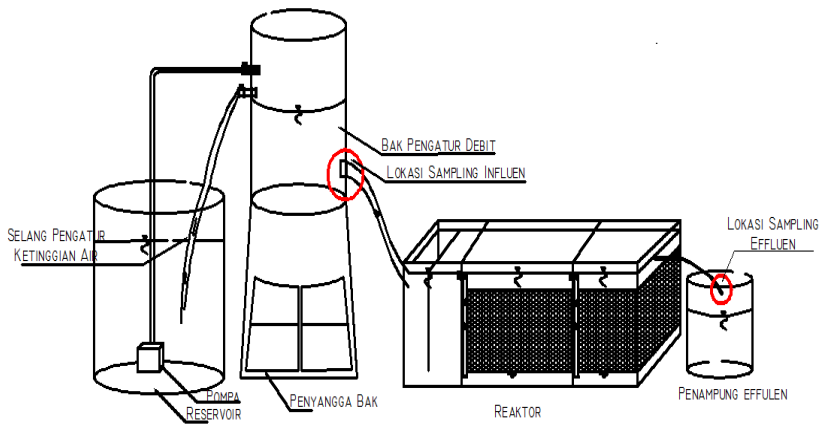
Pembiakan mikroorganisme (*seeding*) dilakukan secara alami yaitu dengan cara mengalirkan air limbah yang akan diolah

ke dalam reaktor yang telah terisi media botol plastik PS hingga terbentuknya lapisan biofilm. *Seeding* dilakukan agar mikroorganisme berkembang biak pada reaktor sehingga dapat beradaptasi pada lingkungan awalnya. Pada proses *seeding*, digunakan campuran air dari IPLT Keputih dan air limbah tambak udang. Proses *seeding* pada reaktor dapat dilihat pada Lampiran C (Dokumentasi Penelitian).

Setelah proses *seeding*, dilanjutkan dengan proses aklimatisasi, yaitu proses pemberian limbah baru ke dalam reaktor biofilter agar mikroorganisme dapat menyesuaikan diri terhadap kondisi lingkungan yang baru. Aklimatisasi dilakukan untuk mendapatkan suatu kultur mikroorganisme yang stabil dan mampu beradaptasi dengan air limbah tambak udang. Proses pembiakan dan aklimatisasi dilakukan selama 16 (enam belas) hari. Selama proses *seeding* dan aklimatisasi ini dilakukan analisa nilai Permanganat atau PV untuk mengetahui aktivitas mikroorganisme saat proses *seeding*.

3.2.6 Pengoperasian Reaktor

Tiga reaktor yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu reaktor dengan ketinggian media 30 cm; 37,5 cm dan 45 cm. Reaktor yang diberikan penambahan aerator, pada kompartemen yang berisi media botol plastik PS dengan panjang 30 cm dilakukan aerasi dengan aerator. Air limbah yang akan dialirkan ke pengolahan ditampung terlebih dahulu pada sebuah bak pengatur debit. Sebelumnya, air limbah dipompa dari reservoir ke bak pengatur debit. Debit influen yang direncanakan pada pengoperasian reaktor ini adalah 49,5 L/hari sesuai perhitungan pada Lampiran B (Perhitungan Debit Influen). Air limbah yang dialirkan ke masing-masing reaktor dialirkan melalui selang infus. Penggunaan selang infus ini bertujuan agar debit air yang keluar dari bak pengatur debit sesuai dengan debit yang direncanakan. Pengaturan selang infus ini terlebih dahulu dilakukan pada gelas ukur dengan memperhatikan volume air dan waktu. Skema pengoperasian reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Skema Pengoperasian Reaktor

Gambar pengoperasian reaktor lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran C (Dokumentasi Penelitian).

Pengambilan sampel dilakukan setiap 2 (dua) hari sekali karena waktu detensi (td) tiap kompartemen adalah 2 hari. Sampel diambil pada influen dan effluen reaktor.

3.2.7 Analisis Data Sampel

Analisis data dan pembahasan dilakukan dengan memperhatikan kondisi influen dan effluen air yang diuji. Parameter yang diuji adalah BOD, COD, DO, NH_3 , NO_3 , dan PO_4^{3-} air limbah. Hasil yang diharapkan adalah terjadi penurunan konsentrasi BOD, COD, NH_3 , NO_3 , PO_4^{3-} dengan variasi ketinggian media dalam reaktor dan penambahan aerator. Metode yang digunakan dalam analisis influen dan effluen adalah:

- a. Analisis BOD sesuai SNI 6989.72:2009
- b. Analisis COD dengan refluks tertutup secara spektrofotometri sesuai SNI 6989.2:2009
- c. Analisis DO dengan metode Iodometri sesuai SNI 06-6989.14-2004
- d. Analisis NH_3 dengan metode Nessler
- e. Analisis NO_3 dengan metode Brucin asetat

f. Analisis PO_4^{3-} dengan metode Spektrofotometer secara asam askorbat sesuai SNI 06-6989.31-2005

Analisis BOD dilakukan setiap 5 (lima) hari sekali karena yang diukur pada penelitian ini adalah BOD_5 . Parameter DO juga dianalisis secara intermitten. Parameter utama pada penelitian ini adalah kandungan nutrisi pada limbah tambak udang yaitu NH_3 , NO_3 dan PO_4^{3-} . Parameter ini diukur tiap 2 hari sekali. Metode analisis laboratorium tiap parameter dapat dilihat pada Lampiran A (Prosedur Analisa Laboratorium) dan dokumentasi penelitian pada Lampiran C.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel di tambak udang Cerme, Gresik. Pengoperasian reaktor dilakukan di workshop Teknik Lingkungan ITS sedangkan untuk pengujian influen dan effluen air limbah pada reaktor dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.

“ HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN “

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

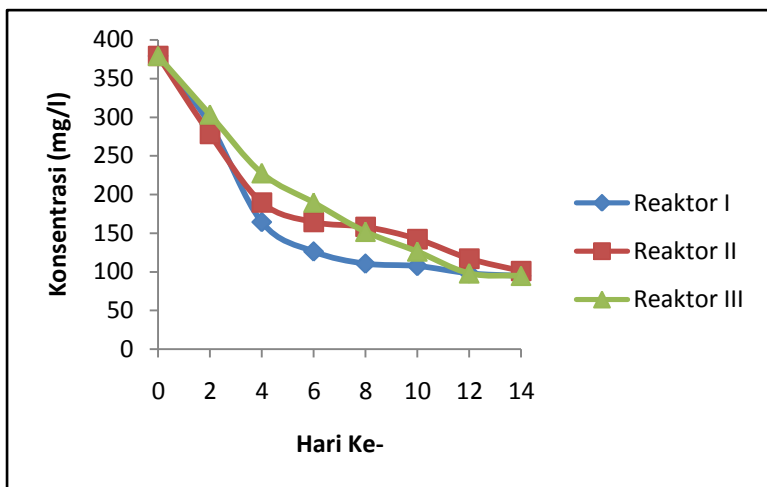
Penelitian yang telah dilakukan kemudian menghasilkan data yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Tabel dan grafik tersebut selanjutnya dianalisis dan dilakukan pembahasan terhadap data yang diperoleh. Hasil dan pembahasan dimulai dari proses *seeding* atau penumbuhan mikroorganisme hingga analisis terhadap parameter yang telah ditentukan di ketiga reaktor. Sebagai keterangan, reaktor I adalah reaktor dengan ketinggian media 30 cm, reaktor II dengan tinggi media 37,5 cm dan reaktor III dengan tinggi media 45 cm. Penelitian dilakukan dengan 2 kali *running*. *Running* I dilakukan dengan aerasi dan *running* II dilakukan tanpa aerasi.

4.1 Proses Seeding dan Aklimatisasi

Proses *seeding* merupakan tahapan awal dari kinerja reaktor biofilter aerob ini. Proses ini merupakan tahapan untuk menumbuhkan mikroorganisme yang berperan untuk menyisihkan bahan-bahan organik pada air limbah. Air yang digunakan untuk proses *seeding* ini adalah air yang berasal dari kolam *Oxidation Ditch* Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih Surabaya. Pemilihan air IPLT untuk proses *seeding* karena banyaknya mikroorganisme yang masih aktif yang berasal dari tinja. *Seeding* dilakukan dengan mengalirkan air ke dalam reaktor biofilter selama 14 hari. Menurut penelitian Filliazati dkk (2013), waktu *seeding* selama 14 hari dan aklimatisasi selama 3 hari pada pengolahan dengan biofilter aerob dapat menurunkan BOD sebesar 69% dan minyak lemak sebesar 96,60%.

Setelah proses *seeding* selama 14 hari, kemudian dilanjutkan dengan proses aklimatisasi. Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian mikroorganisme terhadap air limbah baru yang diberikan. Pemberian limbah baru yaitu limbah tambak udang ke dalam reaktor biofilter dilakukan selama ± 3 hari. Selama proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan analisa nilai Permanganat atau PV untuk mengetahui penyisihan bahan-bahan organik oleh mikroorganisme. Permanganat mengoksidasi dapat mengoksidasi berbagai zat organik maupun anorganik dalam kisaran pH 4 -9. Pada kondisi tertentu, besi dan mangan dapat dioksidasi oleh permanganat dan kontaminan yang dapat

menyebabkan bau seperti fenol dan alga pun mudah didegradasi oleh permanganat (EPA, 1997). Prinsip analisa PV ini adalah zat organik yang terdapat pada air limbah dioksidasi dengan KMnO_4 lalu direduksi dengan asam oksalat berlebih. Asam oksalat berlebih ini dititrasi kembali dengan KMnO_4 . Fungsi analisa PV ini anatara lain sebagai perhitungan kasar COD, sebagai nilai perkiraan pengenceran analisa BOD dan perhitungan penyisihan bahan organik yang cepat diperoleh dibanding analisa BOD atau COD. Hasil analisa PV pada proses *seeding* dan aklimatisasi tiap reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Analisa PV Proses *Seeding* dan Aklimatisasi

Pada Gambar 4.1 menunjukkan penurunan nilai PV yang terjadi pada saat proses *seeding* dan aklimatisasi. Pada percobaan pertama di reaktor I terjadi penurunan dari konsentrasi awal yaitu sebesar 379,2 mg/l menjadi 290,7 mg/l. Penurunan juga terjadi pada reaktor II dan III masing-masing mempunyai konsentrasi effluen 278 mg/l dan 303,3 mg/l. Tren penurunan nilai PV selanjutnya terjadi hingga percobaan ketujuh yang mencapai efisiensi *removal* 75% di reaktor I, 73,3% di reaktor II dan 75% di reaktor III. Data lengkap analisa PV tiap reaktor dapat dilihat pada Lampiran B (Data Penelitian).

Adanya penurunan konsentrasi nilai permanganat pada tiap reaktor menunjukkan kinerja mikroorganisme pada media yang membentuk lapisan biofilm. Analisa nilai permanganat ini juga menunjukkan perubahan konsentrasi zat organik yang diwakili oksidasi oleh Kalium Permanganat.

4.2 Karakteristik Limbah Tambak Udang

Effluen limbah tambak udang yang akan dibuang ke air permukaan harus memenuhi baku mutu yang ditetapkan, yaitu menurut Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: KEP. 28/MEN/2004 tentang Pedoman Budidaya Udang di Tambak. Karakteristik limbah tambak udang di Desa Cerme, Kabupaten Gresik dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Tambak Udang Desa Cerme, Kabupaten Gresik

No	Parameter	Konsentrasi (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)
1	Nitrat (NO_3)	13,82	< 75
2	Amonia (NH_3)	3,35	< 0,1
3	Fosfat (PO_4^{3-})	6,37	< 0,1
4	BOD ₅	294	< 45
5	COD	331,08	-

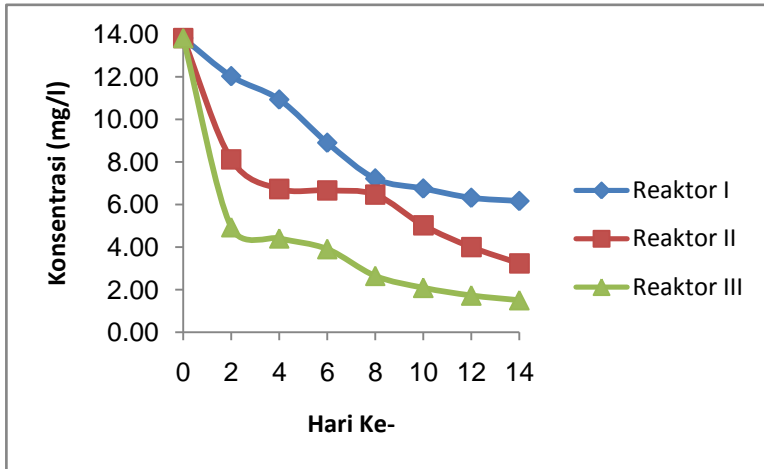
Berdasarkan hasil analisis karakteristik limbah tambak udang awal, dapat diketahui parameter amonia, fosfat dan BOD₅ melebihi baku mutu yang ditetapkan. Hal tersebut menunjukkan adanya kandungan zat organik pada limbah tambak udang yang masih tinggi.

4.3 Analisis Data Perubahan Konsentrasi Amonia

Amonia pada air limbah tambak udang dapat berasal dari sisa-sisa pakan dan hasil ekskresi udang. Konsentrasi amonia yang berlebih pada air dapat mengganggu kehidupan udang-udang di tambak.

Pada penelitian Tugas Akhir ini, dilakukan 2 (dua) kali variasi terhadap 3 (tiga) reaktor. Variasi pertama yang dilakukan adalah penambahan aerasi pada ketiga reaktor sedangkan variasi kedua adalah tanpa adanya aerasi pada reaktor. Analisa parameter amonia dilakukan setiap 2 hari sekali sesuai waktu

detensi (td) yang telah direncanakan. Konsentrasi influen pada *running* I ini adalah sebesar 3,35 mg/l sehingga dapat diketahui penyisihan nilai amonia hingga hari ke 14. Analisa penyisihan amonia tiap reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.2.

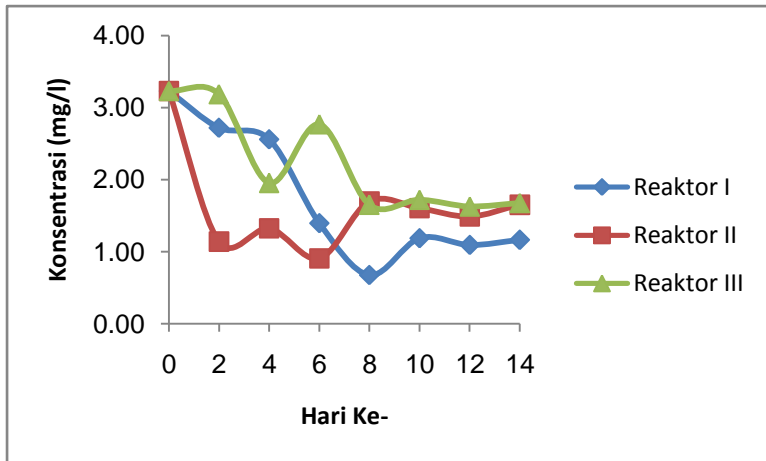


Gambar 4.2 Perubahan Konsentrasi Amonia dengan Aerasi

Konsentrasi amonia tiap reaktor disajikan dalam bentuk grafik diatas sehingga dapat terlihat tren penurunan konsentrasi amonia. Efisiensi penyisihan amonia tertinggi terjadi pada reaktor ketiga, yaitu dengan tinggi media 45 cm. *Removal* reaktor ketiga mencapai 93,8% dengan konsentrasi 0,21 mg/l sedangkan reaktor pertama dan kedua masing-masing mencapai 68,75% dan 88,19% dengan konsentrasi 1,05 mg/l dan 0,40 mg/l.

Analisa yang sama dilakukan pada variasi yang kedua yaitu tanpa aerasi pada tiap reaktor. Konsentrasi influen pada *running* II adalah 3,23 mg/l. Pada *running* II ini terjadi kondisi yang tidak stabil pada konsentrasi effluen di hari ke 2, 4 dan 6. Namun, setelah hari ke 8 hingga 14 konsentrasi amonia menunjukkan angka yang stabil. Pada reaktor I, konsentrasi effluen mulai hari ke 8 hingga 14 adalah sebesar 0,67 mg/l; 1,19 mg/l; 1,09 mg/l; 1,16 mg/l. Efisiensi *removal* mengalami naik turun dengan selisih angka yang tidak terlalu signifikan. Kondisi

tersebut juga terjadi pada reaktor II dan III. Grafik perubahan konsentrasi amonia pada *running* II disajikan pada Gambar 4.3. Data penurunan konsentrasi dan efisiensi *removal* amonia selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B (Data Penelitian).



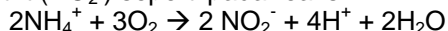
Gambar 4.3 Perubahan Konsentrasi Amonia Tanpa Aerasi

Analisis data penelitian tersebut menunjukkan penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada reaktor III yaitu dengan tinggi media 45 cm pada *running* I. Ketinggian media berkaitan dengan luas permukaan spesifik media. Makin besar luas permukaan per satuan volume media maka jumlah mikroorganisme yang tumbuh dan menempel pada permukaan media makin banyak sehingga efisiensi pengolahan menjadi lebih besar (Said, 2005). Waktu tinggal juga berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi. Semakin lama waktu tinggal hidrolis di dalam reaktor biofilter, semakin besar efisiensi penyisihan polutan. Waktu tinggal pada penelitian tugas akhir ini adalah 2 hari.

Kandungan nitrogen pada air limbah dapat dihilangkan dengan proses biologis (nitrifikasi / denitrifikasi) atau proses kimia (Drinan dan Whiting, 2001). Pada proses nitrifikasi terdapat 2 proses yaitu proses oksidasi senyawa ammonium menjadi nitrit kemudian nitrit dioksidasi menjadi nitrat. Proses oksidasi amonia

menjadi nitrit disebut juga tahap nitritasi (Marsidi dan Herlambang, 2002). Nitrifikasi terjadi pada kondisi aerob sehingga bakteri yang berperan pada proses ini adalah bakteri autotrof aerob. Umumnya, bakteri yang berperan dalam mengoksidasi amonia menjadi nitrit adalah *Nitrosomonas* (Metcalf dan Eddy, 2003). Bakteri autotrof lain yang berperan dalam tahap nitritasi antara lain *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosobolus* dan *Nitrosobrio*. Keberadaan bakteri yang berperan tergantung pada konsentrasi DO. Pada DO < 0,5 mg/l, bakteri yang dominan adalah *Nitrosomonas* (Metcalf dan Eddy, 2003)

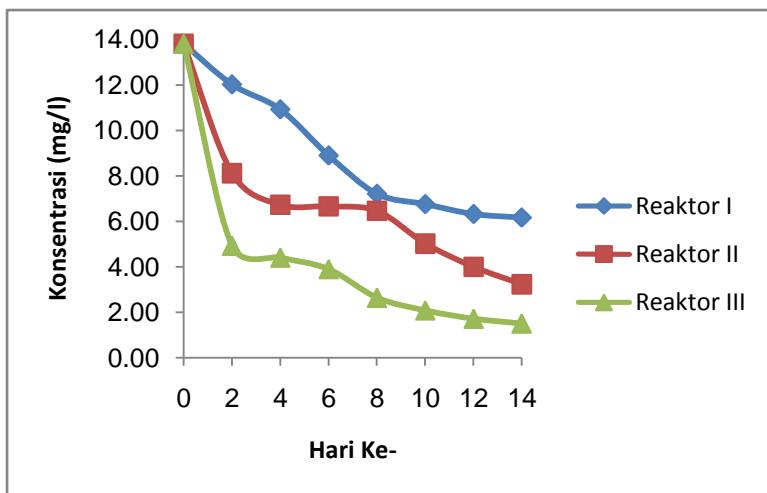
Dari data penelitian diatas, menunjukkan konsentrasi amonia yang mengalami penurunan disebabkan oleh peran bakteri autotrof yang mengoksidasi ion ammonium (NH_4^+) menjadi ion nitrit (NO_2^-) seperti pada reaksi :



Penurunan konsentrasi yang tidak terlalu signifikan pada *running* II kemungkinan bahkan ada yang tidak stabil dikarenakan biofilm yang terdapat pada reaktor biofilter telah mengalami pengelupasan. Pengelupasan dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan anaerob yang terjadi pada lapisan terdalam biofilm. Suplai makanan yang terhenti tersebut mengakibatkan mikroorganisme kehilangan kemampuan untuk menempel pada media biofilm. Pada kondisi inilah mikroorganisme mengalami fase *endogenous* atau fase kematian (Metcalf dan Eddy, 2003)

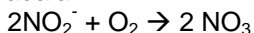
4.4 Analisis Data Perubahan Konsentrasi Nitrat (NO_3)

Sama seperti halnya dengan analisa amonia, analisa nitrat juga dilakukan setiap 2 hari sekali. Konsentrasi influen nitrat pada *running* I ini adalah 13,82 mg/l sehingga dapat diketahui penyisihan konsentrasi nitrat hingga hari ke 14. Tren penurunan konsentrasi nitrat tiap reaktor dilihat pada Gambar 4.4. Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa konsentrasi nitrat terendah terjadi pada reaktor III. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan nitrat tertinggi terjadi pada reaktor III, yaitu dengan tinggi media 45 cm (mencapai 89,14%) dengan konsentrasi 1,50 mg/l. Konsentrasi nitrat di reaktor I dan II pada hari ke 14 adalah sebesar 6,16 mg/l dan 3,23 mg/l atau efisiensi *removal*nya mencapai 55,39% dan 76,63%.



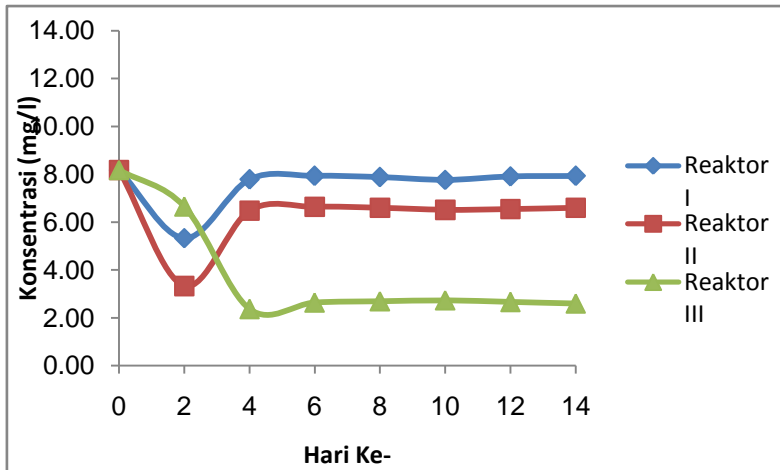
Gambar 4.4 Perubahan Konsentrasi Nitrat dengan Aerasi

Pada kondisi aerob, penambahan suplai oksigen ke dalam reaktor sangat berpengaruh untuk proses nitrifikasi sehingga menghasilkan produk akhir nitrat berjalan dengan baik (Grady *et al.*, 1999). Konsentrasi nitrat tersebut selanjutnya akan menurun pada proses denitrifikasi. Reaksi pembentukan nitrat pada proses nitrifikasi adalah :



Bakteri yang berperan dalam proses oksidasi nitrit menjadi nitrat adalah *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* dan *Nitroeystis*. Penurunan konsentrasi nitrat pada kondisi aerob ini dapat disebabkan oleh proses denitrifikasi aerob. Menurut penelitian Basma dkk (2012), bakteri aerob yang diberi aerasi dan diberi nutrisi sehingga limbah deterjen diuraikan menjadi CO_2 dan H_2O . Pada saat bersamaan, asam nitrat akan diuraikan menjadi N_2 dan terbentuk ion OH^- .

Selanjutnya penelitian yang sama dilakukan pada variasi yang kedua, yaitu tanpa aerasi. Konsentrasi influen nitrat pada *running* II ini adalah sebesar 8,18 mg/l. Konsentrasi yang relatif stabil terjadi pada hari ke 4 hingga hari ke 14 seperti terlihat pada Gambar 4.5.



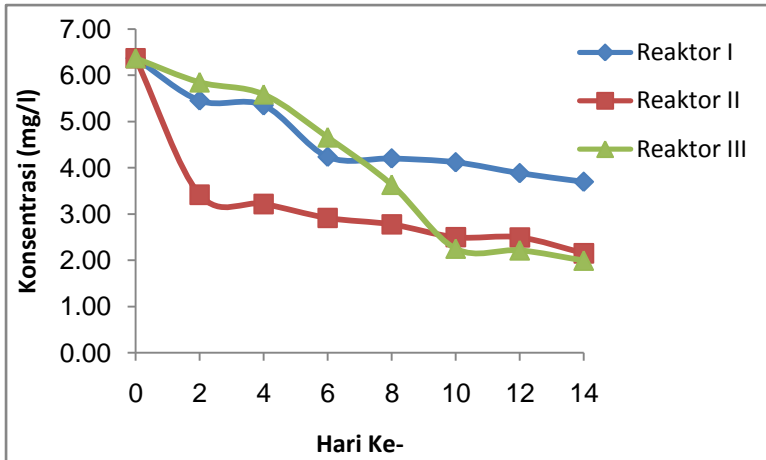
Gambar 4.5 Perubahan Konsentrasi Nitrat Tanpa Aerasi

Gambar 4.5 menunjukkan sebagai contoh pada reaktor III, pada hari ke 2 dan ke 4 masih terjadi penurunan yang signifikan dari konsentrasi 6,65 mg/l menjadi 2,36 mg/l. Namun, mulai hari ke 4 hingga hari ke 14 konsentrasi nitrat menunjukkan kondisi yang stabil. Hal ini dapat berarti mikroorganisme yang terdapat pada lapisan biofilm telah berada pada kondisi yang *steady state*. Pada fase ini konsentrasi biomassa atau senyawa relatif tetap karena pertumbuhan bakteri tidak terlalu pesat dan akan mengalami fase kematian (Metcalf dan Eddy, 2003). Data lengkap konsentrasi dan efisiensi *removal* nitrat dapat dilihat pada Lampiran B (Data Penelitian).

4.5 Analisis Data Perubahan Konsentrasi Fosfat (PO_4^{3-})

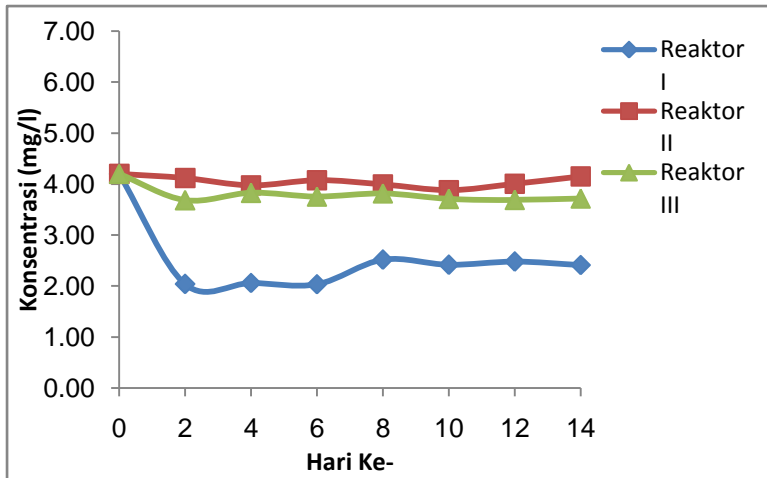
Fosfat merupakan salah satu nutrisi utama pada limbah tambak udang selain amonia dan nitrat. Konsentrasi influen parameter fosfat adalah sebesar 6,37 mg/l. Efisiensi *removal* tertinggi hingga hari ke 14 terjadi pada reaktor ketiga yakni penurunan konsentrasi hingga 68,70%. Namun, mulai hari pertama hingga keenam penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada reaktor kedua. Pada reaktor ketiga terjadi penurunan yang kecil mulai hari pertama hingga keenam. Setelah hari keenam,

penyisihan mulai kondisi *steady* dan nilai efisiensi *removal*nya cukup tinggi. Tren penurunan konsentrasi fosfat tiap reaktor selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Perubahan Konsentrasi Fosfat dengan Aerasi

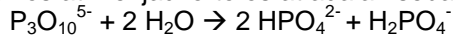
Berbeda dengan *running* I, pada *running* II konsentrasi fosfat tidak terlalu mengalami penurunan yang signifikan, namun cenderung stabil. Konsentrasi influen fosfat pada *running* II ini adalah sebesar 4,20 mg/l. Reaktor I mempunyai efisiensi *removal* yang lebih tinggi daripada reaktor II dan III yaitu berkisar antara 40,08% - 51,43% dengan konsentrasi 2,04 mg/l – 2,48 mg/l sedangkan reaktor II dan III mempunyai efisiensi *removal* yang rendah yaitu dibawah 13%. Grafik perubahan konsentrasi fosfat pada *running* II ini naik turun dengan nilai yang berubah tidak terlalu signifikan. Tabel nilai perubahan konsentrasi fosfat selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B (Data Penelitian). Grafik perubahan konsentrasi fosfat *running* II disajikan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Perubahan Konsentrasi Fosfat Tanpa Aerasi

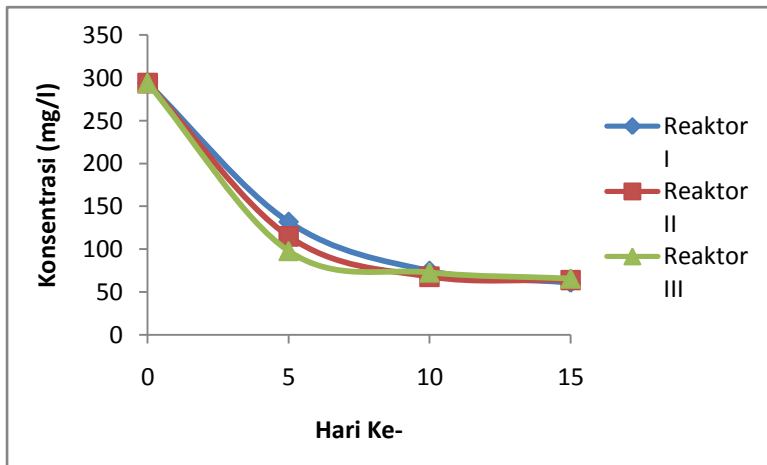
Perubahan konsentrasi fosfat yang stabil menunjukkan kondisi mikroorganisme pada lapisan biofilm telah berada pada kondisi *steady state*. Namun efisiensi *removal* yang lebih rendah dibandingkan *running I* kemungkinan dikarenakan biofilm yang terdapat pada reaktor biofilter telah mengalami pengelupasan. Pengelupasan dapat disebabkan oleh ketebalan lapisan biofilm mencapai maksimum dimana pada kondisi ini makanan tidak mampu tersuplai ke lapisan paling dalam. Pada lapisan paling dalam ini terjadi kondisi oksigen terlarut yang rendah sehingga terjadi anaerobik proses pada lapisan ini. Pada kondisi anaerob inilah yang mengakibatkan mikroorganisme kehilangan kemampuan untuk menempel pada media biofilm (EPA, 1997). Konsentrasi fosfat pada penelitian ini belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar $< 0,1$ mg/l meskipun pada *running I* konsentrasinya terus mengalami penurunan hingga hari ke 14. Konsentrasi fosfat yang tinggi pada perairan dapat menyebabkan eutrofikasi. Pada pengolahan biologis, air limbah yang diolah terjadi perubahan jenis polifosfat ke ortofosfat sehingga fosfat pada air limbah terdiri dari 80% ortofosfat (Sugiharto dalam Suhardjo, 2008). Ortofosfat ini kemudian

diuraikan oleh mikroorganisme sebagai makanannya. Reaksi perubahan polifosfat menjadi ortofosfat adalah sebagai berikut :



4.6 Analisis Data Perubahan Konsentrasi BOD

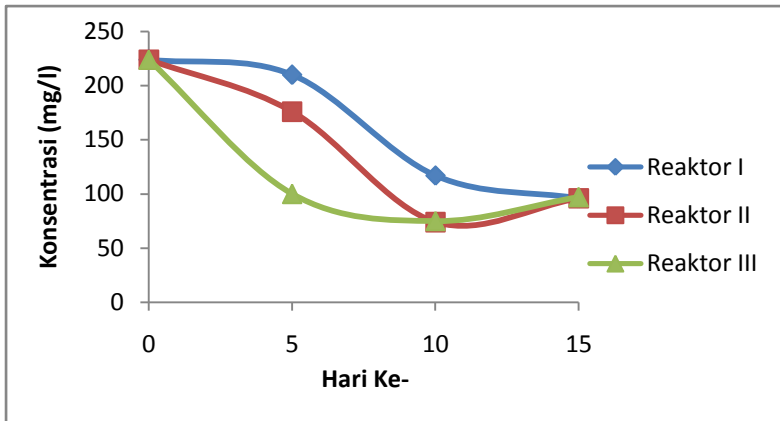
Perhitungan konsentrasi BOD bertujuan untuk menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam menguraikan kandungan zat organik dalam kondisi aerob. Analisis BOD dilakukan setiap 5(lima) hari sekali tiap variasi. Konsentrasi BOD influen pada *running* I adalah 294 mg/l. Perubahan konsentrasi BOD tiap reaktor disajikan dalam Lampiran B (Data Penelitian) kemudian tren penurunan konsentrasi BOD *running* I ditunjukkan pada Gambar 4.8. Konsentrasi BOD pada air limbah setelah pengolahan di reaktor I, II dan III mengalami penurunan. Penyisihan kandungan BOD yang terjadi cukup besar. Pada reaktor I penyisihan kandungan BOD tertinggi mencapai 79%, reaktor II dengan efisiensi *removal* hingga 80% dan reaktor III mencapai 77%.



Gambar 4.8 Perubahan Konsentrasi BOD dengan Aerasi

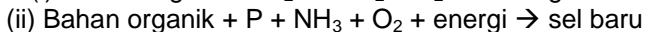
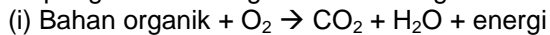
Konsentrasi influen BOD pada *running* II adalah 224 mg/l. Hasil maksimal yang dapat dicapai masing-masing reaktor pada *running* II ini adalah reaktor I sebesar 57,14%, reaktor II sebesar

66,96% dan reaktor III sebesar 66,52%. Namun pada reaktor II dan III terjadi grafik perubahan yang naik turun seperti terlihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Perubahan Konsentrasi BOD Tanpa Aerasi

Kenaikan nilai efisiensi dapat disebabkan oleh adanya aktivitas bakteri heterotrof yang memecah bahan organik seperti karbohidrat, lemak dan protein. Dalam pengolahan biologis, dapat dikatakan sebagai BOD dan COD (EPA, 1997). Reaksi oksidasi karbon pada pengolahan biologis adalah sebagai berikut :

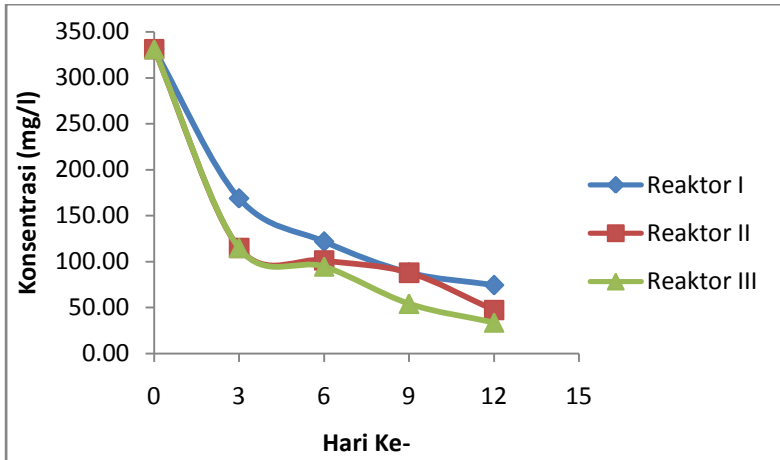


Kedua proses oksidasi tersebut dibantu oleh mikroorganisme dan enzim. Meskipun efisiensi penurunan konsentrasi BOD cukup besar, namun konsentrasi tersebut masih melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar $< 45 \text{ mg/l}$.

4.7 Analisis Data Perubahan Konsentrasi COD

Penyisihan kandungan COD juga merupakan penyisihan kandungan zat-zat organik yang terkandung dalam air limbah. Pada penelitian ini, ketiga reaktor mempunyai efisiensi *removal* yang bervariasi. Besarnya efisiensi *removal* COD ketiga reaktor cukup besar. Data lengkap penyisihan COD ketiga reaktor

ditampilkan pada Lampiran B (Data Penelitian) kemudian tren penurunan konsentrasi COD ditunjukkan pada Gambar 4.10.

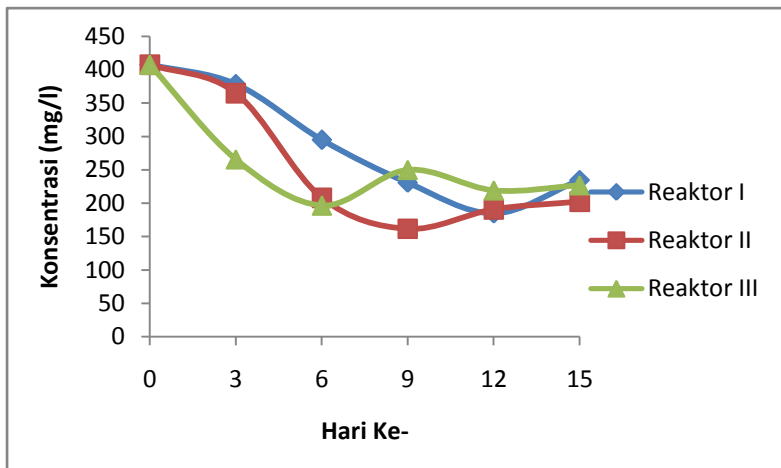


Gambar 4.10 Grafik Perubahan Konsentrasi COD dengan Aerasi

Kinerja reaktor biofilter cukup baik dalam penyisihan kandungan COD air limbah. Hal ini dapat terlihat dari besarnya efisiensi *removal* ketiga reaktor. Ketiga reaktor dapat menyisihkan lebih dari 75% nilai COD. Bahkan reaktor III dapat mencapai efisiensi 89%. Kemampuan reaktor III dalam mendegradasi bahan organik memang seharusnya lebih besar dibanding kedua reaktor lainnya. Perbedaan ini dipengaruhi oleh luas media yang diperlukan untuk pembentukan biofilm. Satuan luas permukaan menjadi sangat penting bila suatu biomassa punya kecenderungan membentuk lapisan biofilm yang sangat besar dibanding yang tersuspensi diantara rongga media (Titiresmi dan Sopiah, 2006).

Analisis COD juga dilakukan pada *running* II. Pada *running* II ini didapatkan 5 data untuk mendapatkan data konsentrasi yang *steady*. Kondisi *steady state* ini ditandai dengan nilai konsentrasi yang berubah tidak terlalu signifikan. Reaktor I, II dan III menunjukkan kondisi *steady state* pada hari ke 9 hingga hari ke 15. Konsentrasi influen COD pada *running* II ini adalah 407,51 mg/l. Penurunan konsentrasi dari hari ke 0 hingga hari ke

9 masih signifikan. Hal ini terjadi pada reaktor I dan II yang dapat mencapai efisiensi *removal* sebesar 43,37% dan 60,30% sedangkan pada reaktor III hanya 38,65%. Hari ke 9 hingga 12 efisiensi *removal* berada di kisaran 42% - 54%. Penurunan konsentrasi COD disebabkan oleh bahan organik yang terdeposit pada permukaan media filter merupakan makanan bagi mikroorganisme yang tumbuh dan melekat pada media. Hal tersebut menyebabkan pendegradasian konsentrasi COD dapat terjadi karena proses biologis pada media filter (Hamdani, 2005). Grafik perubahan konsentrasi COD *running* II dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Perubahan Konsentrasi COD Tanpa Aerasi

Dari data konsentrasi BOD dan COD yang telah diperoleh, dapat diketahui rasio BOD/COD. Tingkat penurunan oleh mikroorganisme dapat dievaluasi dengan rata-rata hasil bagi biodegradabilitas yang terukur sebagai rasio BOD/COD. Semakin tinggi rasio BOD/COD maka semakin mudah pula air limbah tersebut diolah secara biologis. Rasio BOD/COD > 0,1 maka air tersebut bermutu biodegradable (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010). Pada penelitian *running* I ini rasio BOD/COD yang didapatkan sekitar antara 0,6-0,8 sedangkan pada *running* II rata-rata rasio BOD/COD adalah 0,5. Hal ini menunjukkan air limbah

ini dapat diolah secara biologis. Selain itu, biofilm yang terdapat pada media bekerja dengan baik dalam mendegradasi zat organik pada air limbah.

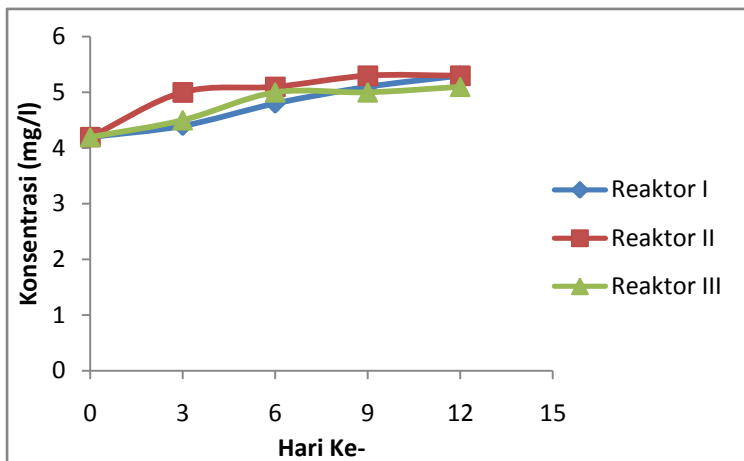
Konsentrasi COD juga dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk *removal* COD pada air limbah tersebut. COD digunakan karena konsentrasi substrat pada air limbah dalam hal ini kebutuhan oksigen dapat diwakili dengan oksidasi bahan organik (Metcalf dan Eddy, 2003). Perhitungan kebutuhan oksigen dapat dilihat pada Lampiran B (Data Penelitian).

4.8 Analisis Data Perubahan Konsentrasi DO (*Dissolved Oxygen*)

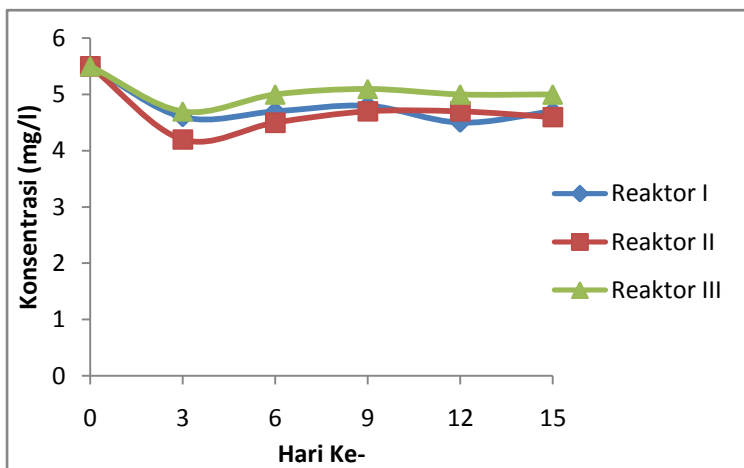
Konsentrasi oksigen terlarut dalam air mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Hal inilah yang menjadi salah satu faktor pembentukan lapisan biofilm.

Konsentrasi DO di tiap reaktor bervariasi. Nilainya berkisar antara 4,2 mg/l – 5,5 mg/l. Analisis DO dilakukan setiap 3 hari sekali sehingga didapat 5 data pada variasi pertama ini. Grafik perubahan konsentrasi DO pada reaktor I, II dan III ditunjukkan pada Gambar 4.12. Peningkatan nilai DO terjadi di setiap reaktor dikarenakan adanya tambahan suplai oksigen dari aerator. Konsentrasi oksigen terlarut yang cukup dibutuhkan bakteri nitrifikasi agar dapat bekerja dengan baik dalam proses nitrifikasi (Metcalf dan Eddy, 2003).

Pada variasi II juga didapatkan 5 data konsentrasi DO. Data lengkap konsentrasi DO *running* I dan II dapat dilihat pada Lampiran Data Penelitian. Konsentrasi DO berada diantara nilai 4,2 – 5,3 mg/l seperti pada Gambar 4.13. Perubahan nilai konsentrasi DO pada *running* II ini cenderung turun namun ada juga yang tetap. Hal ini disebabkan tidak adanya tambahan suplai oksigen ke masing-masing reaktor seperti pada *running* I. Proses secara aerobik berguna membantu mikroorganisme dalam mendegradasi atau mendekomposisi air limbah (Drinan dan Whiting, 2001).



Gambar 4.12 Perubahan Konsentrasi DO *Running I*



Gambar 4.13 Perubahan Konsentrasi DO *Running II*

Nilai DO yang cenderung tetap ini mengindikasikan kondisi aerob yang tetap terjaga pada tiap reaktor sehingga mikroorganisme bekerja menurunkan konsentrasi zat-zat organik

dalam air limbah. Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik juga cukup sehingga nilai DO tidak mengalami penurunan. Nilai DO salah satu faktor penting dalam biofilter aerob ini karena peranannya dalam proses nitrifikasi. DO minimum untuk proses nitrifikasi adalah 2 mg/l (Liu *et al.*, 2008). Kadar oksigen terlarut lebih dari 3,5 mg/l baik untuk pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan kadar oksigen terlarut kurang dari 1,5 mg/l dalam jangka waktu yang lama dapat bersifat *lethal* bagi organism akuatik (Wibowo, 2009).

“ HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN “

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Efisiensi *removal* konsentrasi BOD, COD, amonia, nitrat dan fosfat serta peningkatan DO dengan pengolahan biofilter aerob di ketiga reaktor adalah :
 - Penurunan konsentrasi BOD yang terjadi berkisar antara 6,25% - 79,25%
 - Penurunan konsentrasi COD yang terjadi berkisar antara 7,15% - 89,80%
 - Penurunan konsentrasi amonia yang terjadi berkisar antara 3,09% - 93,80%
 - Penurunan konsentrasi nitrat yang terjadi berkisar antara 1,36% - 89,14%
 - Penurunan konsentrasi fosfat yang terjadi berkisar antara 1,91% - 68,70%
 - Peningkatan DO berkisar antara 0,1 mg/l – 0,8 mg/l dan ada yang cenderung tetap.
2. Efisiensi *removal* tertinggi tiap konsentrasi terjadi pada reaktor III (ketinggian media 45 cm) dan diberi penambahan aerator. Maka pada penelitian tugas akhir ini yang paling efektif untuk menurunkan konsentrasi bahan pencemar limbah tambak udang adalah ketinggian media 45 cm yang ditambah sistem aerasi. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh ketinggian media terhadap kinerja biofilter, dimana semakin tinggi media menunjukkan kinerja biofilter semakin baik.

5.2 Saran

Saran yang dapat diusulkan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan media biofilter lain atau ketinggian media yang lebih tinggi
2. Dilakukan modifikasi bentuk botol, misalnya dipotong-potong. Hal ini bertujuan menambah bidang tumbuh mikroorganisme yang membentuk lapisan biofilm.

3. Dilakukan penelitian dengan reaktor biofilter dengan kondisi anaerob. Hal ini dikarenakan kebutuhan listrik saat ini yang semakin mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anh, P.T, Kroeze, C., Bush, S.R. dan Mol, A.P.J. (2010). *Water Pollution by Intensive Brackish Shrimp Farming in South-East Vietnam: Causes and Options for Control*. Agricultural Water Management 97(6), 872-882.
- Anonim. (2004). Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor: KEP.28/MEN/2004 Tentang: *Pedoman Umum Budidaya Udang di Tambak*.
- Borkar, R.P., Gulhane, M.L. dan Kotangale, A.J. (2013). *Moving Bed Biofilm Reactor – A New Perspective in Wastewater Treatment*. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology 6(6), 15-21.
- Dindra, B.P., Salimin, Z. dan Oktiawan, W. (2012). *Proses Denitrifikasi Aerob Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Nitrat*. Thesis. Semarang: Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.
- Drinan, J. dan Whiting, N.E. (2001). *Water & Wastewater Treatment: A Guide for the Nonengineering Professional*. Boca Raton, London, New York, Washington D.C: CRC Press.
- Eckenfelder, W.W Jr. (2001). *Industrial Water Pollution Control* (Third Edition). China: McGraw-Hill Education (Asia)Co. and Tsinghua University Press.
- Edahwati, L. dan Suprihatin. (2009). *Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan 1(2), 79-83.
- EPA. (1997). *Wastewater Treatment Manuals Primary, Secondary and Tertiary Treatment*. Ireland: Environmental Protection Agency.

- Filliazati, M., Apriani, I. dan Zahara, T.A. (2013). *Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang*. Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan UNTAN 1(1), 1-10.
- Garno, Y.S. (2004). *Pengembangan Budidaya Udang dan Potensi Pencemarannya pada Perairan Pesisir*. Jurnal Teknologi Lingkungan P3TL-BPPT 5(3), 187-192.
- Grady, C.P.L Jr., Daigger, G.T. dan Lim, H.C. (1999). *Biological Wastewater Treatment*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Hadiwidodo, M., Oktiawan, W., Primadani, A.R., Parasmitha, B.N dan Gunawan, I. (2012). *Pengolahan Air Lindi dengan Proses Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob dan Wetland*. Jurnal Presipitasi 9(2), 84-95.
- Hamdani. (2005). *Studi Penurunan Nilai PV, Kekeruhan dan Coliform Terhadap Air PDAM dengan Menggunakan Reaktor Komunal Upflow Slow Sand Filter Media Tunggal*. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.
- Isdarmawan, N. (2005). *Kajian Tentang Pengaturan Luas dan Waktu Bagi Degradasi Limbah Tambak Dalam Upaya Pengembangan Tambak Berwawasan Lingkungan di Kecamatan Wonokerto Kabupaten Pekalongan*. Thesis. Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai Universitas Diponegoro.
- Ji, G., Tong, J. dan Tan, Y. (2011). *Wastewater Treatment Efficiency of A Multi-media Biological Aerated Filter (MBAF) Containing Clinoptilolite and Bioceramsite In A Brick-wall Embedded Design*. Bioresource Technology 102(2), 550-557.
- Kadu, P.A., Badge, Amruta A. dan Rao, Dr.Y.R.M. (2013). *Treatment of Municipal Wastewater by Using Rotating Biological Contactors (Rbc's)*. American Journal of Engineering Research (AJER) 2(4), 127-132.

- Khan, Mohiuddin Md. Taimur., Chapman, T., Cochran, K. dan Schuler, A.J. (2013). *Attachment Surface Energy Effects on Nitrification Estrogen Removal Rates by Biofilms for Improved Wastewater Treatment*. Water Research 47(7), 2190-2198.
- Khan, S.J., Ilyas, S., Javid, S., Visvanathan, C. dan Jegatheesan, V. (2011). *Performance of Suspended and Attached Growth MBR System In the Treating High Strength Synthetic Wastewater*. Bioresource Technology 102(9), 5331-5336.
- Lavania-Baloo., Azman, S., Said, M.I.M., Ahmad, F. dan Mohamad, M. (2014). *Biofiltration Potential of Macroalgae for Ammonium Removal in Outdoor Tank Shrimp Wastewater Recirculation System*. Biomass and Bioenergy 66(6), 103-109.
- Leungprasert, S. dan Chanakul, P. (2010). *The Reuse of Shrimp Culture Wastewater Treated by Nitrification and Denitrification Processes*. International Journal of Environmental Science and Development 1(5), 371-377.
- Lin, Yin-Feng., Jing, Shuh-Ren., Lee, Der-Yuan., Chang, Yih-Feng., Chen, Yi-Ming. dan Shih, Kai-Chung. (2005). *Performance of A Constructed Wetland Treating Intensive Shrimp Aquaculture Wastewater Under High Hydraulic Loading Rate*. Environmental Pollution 134(3), 411-421.
- Liu, Fang., Zhao, Chao-Cheng., Zhao, Dong-Feng. dan Liu, Guo-Hua. (2008). *Tertiary Treatment of Textile Wastewater with Combined Media Biological Aerated Filter (CMBAF) at Different Hydraulic Loadings and Dissolved Oxygen Concentration*. Journal of Hazardous Materials 160(1), 161-167.
- Liu, Yao-Xing., Yang, Tong Ou., Yuan, Dong-Xing. dan Wu, Xiao-Yun. (2010). *Study of Municipal Wastewater Treatment*

Treatment with Oyster Shell as Biological Filter Medium.
Desalination 254(1-3), 149-153.

- Mangkoedihardjo, S. dan Samudro, G. (2010). *Fitoteknologi Terapan*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Marinho-Soriano, E., Azevedo, C.A.A., Triguero, T.G., Pereira, D.C., Cameiro, M.A.A. dan Camara, M.R. (2011). *Bioremediation of Aquaculture Wastewater Using Macroalgae and Artemia*. International Biodeterioration & Biodegradation 65(1), 253-257.
- Marsidi, R. dan Herlambang, A. (2002). *Proses Nitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Amoniak Konsentrasi Tinggi*. Jurnal Teknologi Lingkungan 3(3), 195-204.
- Masduqi, A. dan Assomadi, A.F. (2012). *Operasi & Proses Pengolahan Air*. Surabaya: ITS Press.
- Metcalf & Eddy., Tchobanoglous, G., Burton, F. L dan Stensel, H.David. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Muslim. (2013). *Pengurangan Racun Ammonia, Bahan Organik dan Padatan Tersuspensi di Media Budidaya Udang Galah dengan Biofilter Genteng Plastik Bergelombang*. Jurnal Bumi Lestari 13(1), 79-90.
- Nyanti, L., Berundang, G. dan Yee, L.T. (2011). *Shrimp Pond Effluent Quality during Harvesting and Pollutant Loading Estimation using Simpson's Rule*. International Journal of Applied Science and Technology 1(5), 208-213.
- Parwaningtyas, E., Sumiyati, S. dan Sutrisno, E. (2012). *Efisiensi Teknologi Fito-Biofilm dalam Penurunan Kadar Nitrogen dan Fosfat pada Limbah Domestik dengan Agen Fitotreatment Teratai (Nymphaea sp) dan Media Biofilter Bio-Ball (Studi Kasus Perumahan Graha Mukti,*

- Tlogosari, Semarang). Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.
- Pohan, N. (2008). *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik*. Tesis. Universitas Sumatera Utara Medan.
- Said, N.I. (2006). *Aplikasi Proses Biofiltrasi dan Ultra Filtrasi Untuk Pengolahan Air Minum*. Jurnal Air Indonesia 2(1), 30-42.
- Said, N.I dan Ruliasih (2005). *Tinjauan Aspek Teknis Pemilihan Media Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah*. Jurnal Air Indonesia 1(3), 272-281.
- Sedlak, R.I. (1991). *Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater* dalam Metcalf & Eddy., Tchobanoglous, G., Burton, F. L dan Stensel, H.David. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Sugiharto. (1987). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah* dalam Suhardjo, Dradjat. (2008). *Penurunan COD, TSS, dan Total Fosfat pada Septic Tank Limbah Mataram Citra Sembada Catering dengan Menggunakan Wastewater Garden*. Jurnal Manusia dan Lingkungan 15(2), 79-89
- Susanti, I.T., Sasongko, S.B. dan Sudarno. (2012). *Status Trofik Waduk Manggar Kota Balikpapan dan Strategi Pengelolaannya*. Jurnal Presipitasi 9(2), 72-78.
- Titiresmi dan Sopiah, N., (2006). *Teknologi Biofilter untuk Pengolahan Limbah Ammonia*. Jurnal Teknik Lingkungan 2(7), 173-179.
- Vijayasri, K., Balasubramanian, A., Dhanapal, K., Reddy, G. Vidya Sagar dan Francis, T. (2013). *Evaluation of Reuse Shrimp Farm Effluent After Chemical and Biological Treatments*. Indian J. Fish 60(3), 91-98.

- Wibowo, R.K.A. (2009). *Analisis Kualitas Air pada Sentral Outlet Tambak Udang Sistem Terpadu Tulang Bawang, Lampung*. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Yudha, D.A., Zubair, A. dan Ardy. (2013). *Pengolahan Limbah Buangan Industri Tahu dengan Menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat Secara Anaerob-Aerob*. Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik, 30 Juni 1993, merupakan anak kedua dari 2 (dua) bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar pada tahun 1999-2005 di SDN Pongangan 2 Manyar Gresik. Dilanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Gresik pada tahun 2005-2008, sedangkan pendidikan menengah atas ditempuh di SMAN 1 Gresik tahun 2008-2011. Penulis melanjutkan pendidikan S1 di

Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya pada tahun 2011 dengan NRP 3311100030.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi bagian dari beberapa kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL). Pengalaman-pengalaman tersebut antara lain *Organizing Committee (OC)* LITL 2012 dan 2013, OC Hari Air 2013, OC Enviro Goes to School 2013 serta menjadi staff Badan Semi Otonom (BSO) Dana dan Usaha HMTL 2013/2014. Berbagai pelatihan, seminar nasional dan internasional juga pernah diikuti dalam rangka untuk pengembangan diri. Segala saran dan kritik perihal tugas akhir dapat menghubungi penulis melalui email priscil.yuniar@gmail.com